

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

École de gestion

Soutenir les trois niveaux de la conscience de la situation à l'aide d'un tableau de bord de gestion causal : une étude expérimentale appliquée à la gestion de la performance d'une unité de soins intensifs pédiatriques

Par Alexandre Leclair

Mémoire présenté à l'École de Gestion
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences, M. Sc.

Stratégie d'intelligence d'affaires

Janvier 2018

© Alexandre Leclair, 2018

Sommaire

Toute organisation se doit de gérer leur performance en mettant en place un ensemble de processus organisationnels et de technologies visant à optimiser l'exécution de leur stratégie pour atteindre leurs objectifs. Afin de faire le suivi de l'atteinte des objectifs et d'aider à la prise de décision, les tableaux de bord de gestion (TBG) gagnent de plus en plus en popularité auprès des gestionnaires. Un TBG est un outil visuel présentant les informations nécessaires à l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs. Ces informations sont consolidées et organisées sur un seul écran afin de pouvoir les surveiller en un seul coup d'œil et de suivre les progrès par rapport aux objectifs définis.

Un TBG doit principalement permettre aux gestionnaires d'obtenir une représentation mentale véridique et complète de l'état de la situation. Le modèle théorique de la conscience de la situation (CS) caractérise cette représentation mentale en trois niveaux : perception, compréhension et projection. La prise de décision s'appuie en grande partie sur la capacité à anticiper l'état futur de l'environnement qui réfère au niveau de la projection de la CS. Cette projection se base principalement sur la connaissance du système causal de l'environnement. Or, dans le domaine de la gestion, les différentes méthodes de conception de TBG n'abordent pas ou peu ce système causal et aucune de ces méthodes ne rend explicite ce système causal dans l'interface visuelle d'un TBG.

Ce mémoire a ainsi pour objectif premier de proposer une technique de conception de TBG causal basée sur le système causal de l'environnement afin de mieux soutenir les trois niveaux de la CS, principalement le niveau de la projection. La littérature scientifique sur la CS et les modèles mentaux sont à la base de cette technique de conception. Cette recherche se distingue par le fait qu'elle applique à la gestion des notions provenant du domaine de l'ingénierie cognitive. Ces notions ont été appliquées dans des domaines tels l'aviation et le contrôle de processus industriels, mais rarement à la gestion.

Le deuxième objectif est d'appliquer cette technique pour la conception d'un TBG causal pour la gestion de l'unité des soins intensifs pédiatriques du Centre hospitalier universitaire Ste-Justine. Finalement, le dernier objectif de ce mémoire est d'évaluer expérimentalement le TBG causal en le comparant à un TBG traditionnel. Le TBG traditionnel est similaire au TBG causal sauf qu'il ne présente pas de manière explicite le système causal. Cette

expérimentation a été réalisée auprès de dix gestionnaires hospitaliers pendant une simulation de tâches. Cette simulation durait environ une heure et était constituée de dix-huit questions. Chaque question était reliée à un des trois niveaux de la CS. Afin d'évaluer le soutien de la CS par rapport au type de TBG utilisé, l'efficacité des réponses et le temps de complétion des tâches sont les mesures de performance analysées.

Les principaux résultats de cette étude démontrent que l'explicitation du système causal ne permet pas d'avoir de meilleures prédictions, mais permet de réduire significativement le temps de réponse pour les tâches liées aux niveaux de la compréhension et de la projection de la CS.

Table des matières

Sommaire	II
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Remerciements.....	VII
Introduction	1
Chapitre I : Revue de littérature.....	3
1.1 Conscience de la situation	3
1.2 Modèle mental.....	5
1.3 Méthodes de développement de TBG	6
1.3.1 Analyse des besoins informationnels	6
1.3.2 Conception visuelle du TBG	8
1.4 Problématique.....	11
Chapitre II: Mise en application	14
2.1 Contexte d'application.....	14
2.2 Conception du TBG causal.....	14
2.3 Conception visuelle de la maquette du TBG causal et du TBG traditionnel.....	17
Chapitre III : Méthode expérimentale.....	22
3.1 Méthode de recherche.....	22
3.2 Participants	23
3.3 Procédure.....	24
3.4 Mesures de performance.....	24
Chapitre IV : Résultats et Discussion	26
4.1 Taux d'efficacité pour les tâches des trois niveaux	26
4.2 Temps de complétion pour les tâches de perception	27
4.3 Temps de complétion pour les tâches de compréhension.....	29
4.4 Temps de complétion pour les tâches de projection.....	32
Conclusion	36
Principaux résultats et limites de recherche	36
Recherches futures	37
Références bibliographiques.....	38
Annexe A: Questionnaire et Réponses.....	41
Annexe B: Maquette TBG (scénario 2)	43
Annexe C: Résultats de l'expérimentation (Temps de réponse)	44
Annexe D: Résultats de l'expérimentation (Efficacité des réponses).....	45

Liste des figures

Figure 1: Modèle de la conscience de la situation (Endsley, 1995).	3
Figure 2: Graphique en balle (à gauche) et graphique en ligne-étincelle (à droite).	10
Figure 3: Représentation graphique du niveau de la projection de la CS avec le graphique en balle (à gauche) et le graphique en ligne-étincelle (à droite).	12
Figure 4: Analyse de la tâche dirigée par les buts.	15
Figure 5: Schéma du système causal de l'USIP.	16
Figure 6: Maquette du TBG causal.	19
Figure 7: Maquette du TBG traditionnel.	21
Figure 8: Taux d'efficacité pour chaque tâche.	26
Figure 9: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de perception (b).	27
Figure 10: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 3 (à gauche) et de la tâche 4 (à droite).	28
Figure 11: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de compréhension (b).	29
Figure 12: Comparaison du temps de complétion en seconde des tâches 10, 11 et 12.	30
Figure 13: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 13 (à gauche) et de la tâche 14 (à droite).	31
Figure 14: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de projection (b).	33
Figure 15: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 15 (à gauche) et de la tâche 16 (à droite).	33
Figure 16: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 17 (à gauche) et de la tâche 18 (à droite).	34

Liste des tableaux

Tableau 1: Données sociodémographiques des participants à l'évaluation du TBG causal.	23
Tableau 2: Données sociodémographiques des participants à l'évaluation du TBG traditionnel.	24

Remerciements

Plusieurs personnes ont joué un rôle déterminant tout au long de mon parcours à la maîtrise. J'aimerais profiter de cette occasion afin de remercier les différentes personnes qui m'ont supporté tout au long de cette aventure.

Tout d'abord, j'aimerais remercier mon directeur de recherche, Alexandre Moïse. Merci pour ta disponibilité, ton désir de partager tes connaissances et pour tous tes judicieux conseils que tu as sus me prodiguer durant l'écriture de mon mémoire. Grâce à ta passion pour la recherche, j'ai pu me surpasser à différentes occasions.

J'aimerais aussi remercier Yan Bodain. Merci pour tout le temps que tu m'as donné. Tes nombreuses connaissances et ton désir d'innover m'ont aussi permis d'avoir un cours en accéléré en conception de tableau de bord. Je remercie aussi Geneviève Parisien et toute l'équipe du CHU Sainte-Justine pour leur accueil et de m'avoir permis d'avoir un terrain de jeu assez unique.

Finalement, j'aimerais remercier ceux qui ont toujours cru en moi tout au long de mes études. Merci à mes parents Johanne et André, qui ont été présents dans les bons comme dans les moments où je ne voyais pas la fin de cette aventure. Merci aussi à Erik, Léa et Alex qui m'ont encouragé tout au long de ma maîtrise.

Introduction¹

Toute organisation se doit de gérer leur performance en mettant en place un ensemble de processus organisationnels et de technologies visant à optimiser l'exécution de leur stratégie pour atteindre leurs objectifs. La gestion de la performance consiste en un cycle qui se définit en quatre étapes : la définition d'une stratégie, l'exécution de celle-ci, le suivi de l'atteinte des objectifs et les actions pour s'ajuster aux situations problématiques (Eckerson, 2010).

Afin de faire le suivi de l'atteinte des objectifs dans les organisations, les gestionnaires s'appuient généralement sur des rapports. Puisque ces rapports sont uniquement une représentation statique de l'état de la situation, les gestionnaires favorisent de plus en plus le développement d'outils de gestion interactifs en temps réel. Dû à cette volonté, les tableaux de bord de gestion (TBG) gagnent de plus en plus en popularité dans les organisations (Eckerson, 2010). Il s'agit d'un outil fournissant un affichage visuel de l'information la plus pertinente sur un seul écran dans le but de surveiller les principales activités de l'organisation en un coup d'œil et de suivre les progrès par rapport aux objectifs. Certains TBG incluent un outil de forage qui permet aux gestionnaires d'approfondir plusieurs couches d'informations afin de mieux déterminer les problèmes, les causes de ces problèmes et les actions à prendre pour résoudre ces problèmes (Eckerson, 2010; Few, 2013). Un TBG permet donc, d'une part, de soutenir le diagnostic de la situation actuelle et, d'autre part, de soutenir les gestionnaires dans leur prise de décision afin de redresser cette situation le cas échéant.

Dans cette optique, le TBG doit permettre aux gestionnaires d'obtenir une représentation mentale véridique et complète de l'état de la situation (Few, 2013). Le modèle théorique de conscience de la situation (CS) caractérise cette représentation mentale en trois niveaux : perception, compréhension et projection (Endsley, 1995). Ces trois niveaux, particulièrement la compréhension et la projection, s'appuient sur les modèles mentaux du

¹ Ce mémoire a fait l'objet d'un article de conférence pour la 29ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine qui a lieu en France (Leclair et al., 2017). Un autre article de conférence a été soumis à la 23^{ème} Conférence de l'AIM à Montréal (Leclair et al., s.d.).

décideur qui consistent notamment en une représentation interne du système causal de l'environnement. En s'appuyant sur la connaissance résidant dans la mémoire à long terme, un modèle mental permet de générer des descriptions de la raison d'être et de la forme d'un système, des explications sur le fonctionnement et les états observés du système ainsi que des prédictions des états futurs du système.

Puisqu'un TBG doit soutenir les gestionnaires dans leur prise de décision et que cette prise de décision est facilitée par la connaissance du système causal, le développement d'un TBG devrait tenir compte de ce système causal. Or, les techniques de conception de TBG ne se préoccupent pas ou peu de ce système causal (Leclair et al., 2017). Dans cette optique, il y a lieu de se demander si la conception d'un TBG basée sur le système causal du domaine soutiendrait davantage la CS. Ainsi, la question de recherche de ce mémoire est définie comme suit : l'explicitation du système causal dans un TBG permet-elle de mieux soutenir les trois niveaux de la CS, particulièrement le niveau de la projection?

Afin de répondre à cette question, ce mémoire a pour objectif principal de proposer une technique de conception de TBG en se basant sur le système causal de l'environnement. Afin d'évaluer cette technique, une approche expérimentale basée sur un cas dans le domaine médical est adoptée. Il s'agit de la conception d'un TBG pour le suivi de la performance de l'unité des soins intensifs pédiatriques (USIP) du Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine.

Le chapitre I présente la revue de littérature sur laquelle se base la technique de conception proposée dans cette étude. Le chapitre II présente la technique utilisée afin de concevoir un TBG causal pour une unité des soins intensifs pédiatriques. Le chapitre III présente la méthode utilisée afin d'évaluer le soutien aux trois niveaux de la CS du TBG causal. Finalement, le chapitre IV présente et discute des résultats de l'expérimentation.

Chapitre I : Revue de littérature

Ce chapitre présente la revue de littérature pertinente afin de comprendre la problématique de ce mémoire. Dans un premier temps, les concepts de la CS et du modèle mental sont expliqués. Les différentes démarches de conception de TBG sont analysées dans la troisième partie de ce chapitre. La présentation détaillée de la problématique conclut ce chapitre.

1.1 Conscience de la situation

La CS peut être définie simplement comme étant la représentation mentale de l'état de l'environnement à un moment précis. La figure 1 présente le modèle de CS (Endsley, 1995).

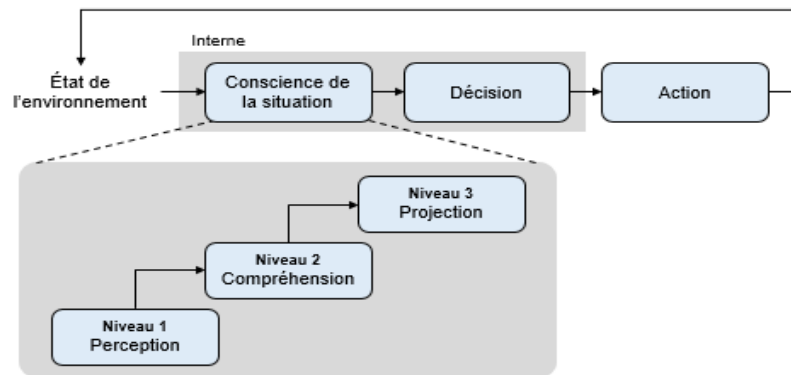


Figure 1: Modèle de la conscience de la situation (Endsley, 1995).

D'après celui-ci, la CS influe sur la décision qui, à son tour, influe sur les actions. Autant la CS que la décision sont internes à la personne, contrairement à l'action qui permet de modifier l'environnement externe. Une CS de bonne qualité ne garantit pas une bonne décision au même titre qu'une bonne décision ne garantit pas une bonne action. Toutefois, meilleure est la qualité de la CS, plus la probabilité de prendre une bonne décision est grande. D'autre part, il est possible de prendre une bonne décision en ayant une mauvaise CS, mais ce serait dû à la chance. La CS et la décision sont donc deux concepts distincts.

Plus formellement, la CS est définie comme étant la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace (niveau 1), la compréhension de leur signification (niveau 2) et la projection de leur état dans un futur proche (niveau 3) (Endsley, 1995). Ce modèle a permis de comprendre plus clairement les besoins informationnels notamment de contrôleurs aériens (Endsley et al., 2000), de pilotes d'avion (Endsley et al., 1998) et d'anesthésiologistes (Zhang et al., 2002).

Le niveau de la perception (niveau 1) réfère à la capacité de percevoir les états et les attributs de chaque élément de l'environnement. Le décideur cherche ici à percevoir des informations précises et pertinentes en fonction du temps et de l'espace. La notion de temps et d'espace joue habituellement un rôle important dans l'obtention de la CS. Puisque, dans certains domaines comme l'aviation, les décisions sont habituellement prises dans une période restreinte de temps. En gestion, cette notion de temps a un rôle moins important comparativement au domaine de l'aviation ou médical.

Le niveau de la compréhension (niveau 2) réfère à la capacité d'intégrer les éléments perçus au niveau 1 afin de bien comprendre la situation à la lumière des buts à atteindre. En tenant compte de ses buts, l'individu se concentre à intégrer les sources d'informations les plus pertinentes.

Finalement, le niveau de la projection (niveau 3) réfère à la capacité de prédire l'état de l'environnement dans un futur plus au moins rapproché. Pour ce faire, le niveau de la projection s'appuie sur les deux premiers niveaux de la CS. Ainsi, les trois niveaux de la CS dépendent les uns des autres.

Dans le domaine de la conception d'interface, l'intérêt pour la CS est grandissant (Endsley, 2015). Ce concept auparavant utilisé uniquement dans le domaine aéronautique est maintenant étudié dans plusieurs domaines tels que les transports, les opérations militaires et la santé. Plusieurs études ont en effet été réalisées dans le domaine hospitalier dont en anesthésiologie et aux soins intensifs (Franklin et al., 2017; Koch et al., 2012; Zhang et al., 2002). En anesthésiologie et dans de nombreux autres domaines liés à la santé, l'amélioration de la CS des professionnels de ces domaines est devenue un objectif principal lors de la conception d'interface (Zhang et al., 2002). Ces interfaces se doivent

de réduire la charge de travail cognitive et améliorer la CS de ces professionnels lors de prise de décision. Les études sur la CS s'intéressent principalement aux informations nécessaires qui doivent être présentées aux professionnels de la santé afin de soutenir les trois niveaux de la CS lors de la réalisation des tâches. Quelques-unes d'entre elles soulignent que l'information doit être intégrée au même endroit sans déterminer comment présenter l'information dans une interface intégrée (Koch et al., 2012). Les résultats de la majorité de ces études soulignent qu'il est important d'analyser l'information et le format dans lequel l'information est présentée au décideur. La prise de décision sera améliorée si l'information présentée est compatible avec le modèle mental du décideur et qu'elle tient compte des différents mécanismes cognitifs.

1.2 Modèle mental

L'obtention de la CS implique en effet plusieurs mécanismes cognitifs comme l'attention, la perception, la mémoire de travail et la mémoire à long terme, mais particulièrement les modèles mentaux (Endsley, 1995). Les modèles mentaux sont une forme de représentation ou de schéma interne d'une réalité externe permettant de simuler mentalement le déroulement d'un phénomène pour anticiper les conséquences d'une action dans un environnement. Ces modèles sont sujets au changement et orientés vers la résolution d'une tâche ou la compréhension d'une situation (Johnson-Laird, 1983). Ils se construisent et changent en fonction de l'expérience du décideur. En s'appuyant sur la connaissance résidant dans la mémoire à long terme, un modèle mental permet de générer des descriptions de la raison d'être et de la forme d'un système, des explications sur le fonctionnement et les états observés du système ainsi que des prédictions des états futurs du système (Rouse et Morris, 1985). Pour ce faire, le modèle mental s'appuie principalement sur le système causal de l'environnement (Rasmussen, 1979). Cette connaissance du système causal permet aussi le raisonnement à la base de la compréhension et de la projection de ces éléments (Khemlani et al., 2014). La compréhension des modèles mentaux et des systèmes causaux permet de comprendre comment le décideur perçoit l'environnement qui l'entoure.

Cette connaissance du système causal de l'environnement est nécessaire, car prendre une décision peut s'avérer difficile dû à l'abondance d'éléments à considérer lors du processus

de prise de décision. Les contraintes cognitives telles que les limites de la mémoire ne permettent pas aux décideurs de considérer l'ensemble des éléments de son environnement qui pourraient avoir un impact sur la décision. Pour compenser ces contraintes, la connaissance du système causal permet au décideur de sélectionner un sous-ensemble d'éléments pertinents dans l'environnement. Elle dirige le décideur dans sa recherche de l'information pertinente, facilite l'apprentissage des informations valides et améliore la précision de la décision (Garcia-Retamero et Hoffrage, 2006). Conséquemment, avec ces informations, rendre explicite le système causal de l'environnement dans un TBG pourrait peut-être mieux soutenir la CS du décideur. Ainsi, il y a lieu de se demander si les modèles mentaux et le système causal sont traités directement ou indirectement pendant la conception d'un TBG. Afin de répondre à cette question, la prochaine section analyse les différentes méthodes de développement de TBG.

1.3 Méthodes de développement de TBG

Étant donné la proximité entre la CS et des modèles mentaux, les pratiques d'analyse des besoins et de conception de TBG dans les différentes méthodes de développement devraient en tenir compte.

1.3.1 Analyse des besoins informationnels

Cette section présente trois méthodes d'analyse des besoins informationnels : Kaplan et Norton (1992, 1996, 2000), Eckerson (2010) et de Few (2013). Chacune de ces méthodes présentent une manière différente de définir les informations nécessaires dans les TBG. L'étape de l'analyse des besoins permet de définir les informations que doivent afficher les TBG afin d'aider les gestionnaires dans leur prise de décision.

Le tableau de bord équilibré de Kaplan et Norton (Kaplan et Norton, 1992; Norton et Kaplan, 1996) est une des méthodes de définition des besoins informationnels les plus utilisées en gestion. Cette méthode propose de définir des indicateurs de performance organisationnelle selon quatre perspectives : financière, client, processus internes ainsi qu'innovation et apprentissage. Traditionnellement, les indicateurs de gestion étaient presque uniquement de nature financière. À l'inverse, certains gestionnaires préféraient des indicateurs de nature opérationnels en supposant que si les activités de l'organisation sont

performantes, les bons résultats financiers seront au rendez-vous. Or, les gestionnaires ont besoin d'une représentation équilibrée de l'organisation qui intègre différentes perspectives simultanément, pas uniquement financière ou opérationnelle.

Ce tableau de bord équilibré permet aux gestionnaires de traduire la stratégie et la mission de l'organisation en buts et indicateurs spécifiques. La forme privilégiée est celle de la carte stratégique qui consiste à représenter les relations de cause à effet entre les indicateurs rattachés aux différentes perspectives (Kaplan et Norton, 1996; Kaplan et Norton, 2000). Cette approche de représentation suppose que la stratégie est un système causal hypothétique. Par exemple, une organisation peut supposer que des employés mieux formés (innovation et apprentissage) vont contribuer à réduire les erreurs dans les activités (processus internes), ce qui va mener à une plus grande satisfaction de la part des clients (client) et ainsi mener à une augmentation des revenus (financière). C'est dans cette perspective que Kaplan et Norton ont proposé les quatre perspectives.

Eckerson (2010) propose quant à lui quatre types de métrique : des métriques de résultats, de tendance, d'activité et de risque. Les métriques de résultats mesurent le résultat des activités de l'organisation en lien avec les objectifs stratégiques. Ces métriques sont généralement un constat du passé et peuvent difficilement être changées ou améliorées par la suite. Les métriques de tendance mesurent les activités de l'organisation qui ont un effet sur les métriques de résultats. Ces deux métriques peuvent être des indicateurs dans le cas où une cible à atteindre est fixée. Les métriques d'activités mesurent des activités de l'organisation sans nécessairement avoir d'objectifs qui leur sont associés. Ils permettent de fournir des informations contextuelles permettant aux utilisateurs du TBG de prendre des décisions mieux éclairées. Les métriques de risques mesurent le risque associé à une activité d'affaires ou l'impact négatif sur les opérations de l'organisation. Ils constituent des signaux préalables permettant de déterminer les situations pouvant rendre difficile l'atteinte de certains objectifs stratégiques. Finalement, les indicateurs clés de performance sont des indicateurs ayant un impact significatif sur les facteurs critiques de succès de l'organisation. Selon Eckerson (2010), un écran de TBG doit présenter entre quatre et sept indicateurs ou métriques maximum pour ne pas submerger l'utilisateur d'informations inutiles.

Du côté de Few (2013), il indique que l'information affichée par un TBG peut être de nature qualitative et non pas uniquement de nature quantitative. Pour déterminer ces informations, il propose de décrire le modèle mental des gestionnaires. Le modèle mental, ou modèle conceptuel, permet au gestionnaire de réaliser la bonne conduite des systèmes sous sa responsabilité. Il consiste en une représentation mentale de la structure des éléments d'un domaine expliquant comment ceux-ci sont reliés les uns aux autres et l'effet qu'un a sur un autre. Le modèle mental est décrit de manière informelle par un analyste avec des formes géométriques (cercles, rectangles, etc.) qui sont reliées par des lignes ou des flèches. Il faut considérer qu'un gestionnaire peu expérimenté aura davantage de difficulté à schématiser son modèle mental. À l'inverse, un gestionnaire très expérimenté pourrait oublier certains liens puisqu'ils ont été intériorisés et sont donc tacites. Conséquemment, cette technique permet de définir un système causal, mais sans garantir qu'il est complet.

Pour conclure, en tenant compte des trois méthodes présentées dans cette partie, l'analyse des besoins des gestionnaires se doit d'aboutir aux choix des indicateurs et métriques de performance qui seront représentés dans le TBG. Ces indicateurs et métriques ne doivent pas être seulement de nature financière. Par exemple, ils peuvent aussi être des indicateurs et métriques de risque ou d'activité. Mais il faut avant tout qu'ils représentent l'ensemble du domaine à gérer. Les tendances du passé et de l'état actuel des indicateurs et métriques se doivent d'être présentées dans le TBG. Le gestionnaire peut ainsi avoir une vue d'ensemble sur son organisation afin de l'aider à atteindre ses buts. Afin d'aider les gestionnaires à atteindre efficacement ses buts, la représentation visuelle de l'interface utilisateur du TBG doit être basée sur des techniques d'affichage efficaces. La prochaine section présente ces différentes techniques d'affichage.

1.3.2 Conception visuelle du TBG

La conception visuelle de l'interface d'un TBG porte sur la manière d'afficher les données afin de soutenir le diagnostic de l'état de la situation actuelle, en d'autres mots, soutenir la CS de son utilisateur. Ainsi, les choix visuels ont un impact sur la qualité de la CS.

Premièrement, Malik (2005) divise la conception de TBG en trois domaines : représentation visuelle, disposition et navigation. La représentation visuelle porte principalement sur l'apparence visuelle et le choix des graphiques. La disposition porte principalement sur la définition des sections et fenêtres. La navigation porte principalement sur les groupements, tabulations et l'accès au détail. Bien que plusieurs techniques soient présentées, aucune règle ou aucun principe ne sont fournis pour aider à faire des choix.

En s'appuyant principalement sur les principes de conception visuelle de Tufte (2001) et la synthèse des connaissances sur la perception visuelle de Ware (2012), Few propose quant à lui une série d'ouvrages sur la représentation de données sous la forme de graphiques ou de tableaux (Few 2009; Few, 2012; Few 2013). En particulier, il propose des techniques d'affichage de métriques et d'indicateurs pour les TBG qui sont régulièrement reprises dans différents ouvrages sur la création de TBG. Selon Few, un TBG doit procurer à son utilisateur une CS de la performance de l'organisation ou d'une partie de celle-ci. Pour ce faire, il doit afficher des données représentant cette performance de manière à être facilement interprétées, c'est-à-dire procurer une représentation mentale véridique et complète sous la forme d'une CS. Ainsi, si la sélection des métriques et indicateurs est une étape importante de la conception d'un TBG, il faut aussi se préoccuper de la manière dont ils seront affichés. Un mauvais choix de représentation peut avoir un impact négatif sur la CS et donc des conséquences désastreuses si une CS erronée mène à de mauvaises décisions.

De plus, étant donné la priorité du traitement sensoriel (couleur, forme, orientation, position, taille, etc.) par rapport au traitement symbolique dans le processus de perception visuelle, la représentation graphique doit être privilégiée à la représentation textuelle. Dans ce sens, étant donné les limites cognitives d'une personne, certaines représentations graphiques sont privilégiées à d'autres. Par exemple, puisque les différences de longueurs se distinguent mieux que les différences d'angles, les graphiques à barres sont privilégiés aux graphiques circulaires. Aussi, les graphiques linéaires sont recommandés pour représenter des tendances. En s'appuyant sur ces graphiques, Few (2013) propose le graphique en balle (*bullet graph*) et le graphique en ligne-étincelle (*sparkline*). La figure 2 présente un exemple de ces deux graphiques.

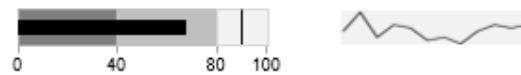


Figure 2: Graphique en balle (à gauche) et graphique en ligne-étincelle (à droite).

Le graphique en balle a été développé par Few en 2005 pour remplacer les graphiques en cadran (Few, 2013). Le graphique en cadran est de forme circulaire, présente une valeur à l'aide d'une aiguille, comporte généralement des sections pour qualifier la valeur (ex. : normal, acceptable, problématique) et utilise souvent plusieurs couleurs distrayantes qui peuvent ne pas être distinguées par une personne souffrant d'une déficience chromatique visuelle. L'utilisation excessive de couleurs peut aussi distraire l'utilisateur et avoir un impact négatif sur la prise de décision de celui-ci (Yigitbasioglu et al., 2012).

Le graphique en balle s'appuie sur le graphique à barres et possède tous les avantages du graphique en cadran, sans avoir les inconvénients de celui-ci. Il permet d'afficher des sections, il utilise une barre plutôt qu'une aiguille et il utilise généralement des teintes de gris plutôt que des couleurs. Par exemple, dans la figure 2, le graphique en balle permet d'afficher une barre noire horizontale représentant la valeur de l'état actuel de l'indicateur et une ligne noire verticale représentant la cible à atteindre. Des zones de différentes teintes de gris permettent de représenter visuellement les sections pour qualifier la valeur de l'état actuel. Dans cet exemple, la section de gauche en gris foncé représente le niveau problématique, la section du milieu en gris représente le niveau acceptable et la section de droite en gris pâle représente le niveau idéal. Un des grands avantages du graphique en balle est l'économie d'espace par rapport au graphique en cadran. Il est possible d'en mettre plusieurs les uns à côté des autres pour permettre leur comparaison.

Le graphique en ligne-étincelle affiché à droite dans la figure 2 a été popularisé par Tufte (2006). Il s'agit d'un graphique linéaire de petite taille, à haute résolution et sans étiquettes sur les axes qui représente une série chronologique. Ce type de graphique a l'avantage d'être concis et peut, par exemple, représenter une tendance sur 12 mois en deux centimètres. L'accent est mis sur la tendance et non sur la précision, d'où l'absence d'échelles quantitatives. Tout comme le graphique en balle, un des grands avantages de ce

type de graphique est l'économie d'espace. Encore une fois, lorsque mis côte à côté, il est possible de comparer les différentes tendances.

Du côté de l'état de l'art sur la disposition des graphiques dans un TBG, elle est très peu développée. Rasmussen et ses collègues (2009) abordent brièvement la disposition des graphiques en évoquant deux considérations à prendre en compte. La première est de demander l'avis des utilisateurs sur l'importance des indicateurs. Un métrique ou un indicateur de grande importance devrait être disposé en haut à gauche. La deuxième considération est celle du flux de travail de l'utilisateur. Les graphiques liés aux mêmes tâches devraient être placés les uns à côté des autres sans réellement rendre les liens explicites par une flèche par exemple. Ainsi, le système causal n'est pas pris en compte lors de la conception visuelle de l'interface, ce qui rend plus difficile l'atteinte du niveau de la projection (Khemlani et al., 2014). Finalement, il se doit d'avoir une distance entre les graphiques puisque cela permet de rendre les données plus faciles à lire pour les utilisateurs (Few, 2013). Par contre, aucune précision n'est fournie sur la taille de cette distance.

1.4 Problématique

Cette revue de littérature sur les différentes méthodes de développement de TBG permet ainsi d'affirmer que du côté de l'analyse des besoins des gestionnaires, les méthodes présentées ne permettent pas de collecter l'ensemble des besoins informationnels afin de soutenir les trois niveaux de la CS. Certaines méthodes ne tiennent aussi pas compte du système causal du domaine lors de la conception visuelle du TBG. Par exemple, bien que la carte stratégique (Kaplan et Norton, 1996) permette de représenter le système causal, l'approche de Kaplan et Norton se limite à la définition des indicateurs de gestion; elle n'indique pas comment afficher les indicateurs sur un TBG. Aussi, les exemples d'application montrent que les relations disparaissent lors de la conception de TBG pour laisser la place exclusivement aux métriques ou aux indicateurs. De plus, la définition des métriques et des indicateurs n'est pas réalisée en tenant compte des trois niveaux de la CS. Ces métriques et indicateurs obtenus par l'approche du tableau de bord équilibré et représenté sous forme d'une carte stratégique concernent uniquement le niveau stratégique de l'organisation. Bien que les perspectives puissent s'appliquer à des sous-ensembles (ex.:

division, service, territoire), elles nécessitent que le gestionnaire ait un contrôle sur l'ensemble de celles-ci, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment en ce qui concerne le niveau opérationnel de l'organisation. Afin de soutenir les trois niveaux de la CS, il faut alors se tourner vers d'autres méthodes d'analyse des besoins utilisées dans des domaines autres que la gestion.

Cette revue de littérature sur les méthodes de développement de TBG a aussi permis d'établir que plusieurs types de graphiques permettent de soutenir le niveau de perception de la CS, notamment le graphique à barres et le graphique linéaire. En ce qui concerne le niveau de la compréhension de la CS, il peut être soutenu par des graphiques présentant des cibles, notamment le graphique en balle illustré à la figure 2. On peut aussi utiliser un graphique à barres avec une barre pour la valeur et une autre pour la cible. Par contre, cette approche a l'inconvénient de prendre plus d'espace. Il est possible d'ajouter à un graphique linéaire une ligne horizontale représentant une cible. On peut voir si la ligne représentant la valeur passe au-dessous ou au-dessus de la ligne horizontale. Le graphique en ligne-étincelle présenté à la figure 3 comporte une bande grise qui marque une limite supérieure et une limite inférieure. Le système est dans un état anormal lorsque la ligne dépasse l'une ou l'autre de ces limites, comme c'est le cas au début (hors de la limite supérieure) et un peu passé la moitié (hors de la limite inférieure). Pour le soutien au niveau de la projection de la CS, il est possible de représenter graphiquement l'état futur en le distinguant de l'état présent ou passé. Par exemple, en ce qui concerne le graphique en balle et le graphique en ligne-étincelle, la figure 3 illustre comment représenter la projection.

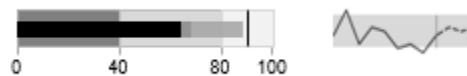


Figure 3: Représentation graphique du niveau de la projection de la CS avec le graphique en balle (à gauche) et le graphique en ligne-étincelle (à droite).

Pour le graphique en balle, la barre horizontale noire représentant la valeur actuelle est prolongée avec un gris foncé qui se distingue du noir de la valeur actuelle et du gris des sections. Pour le graphique en ligne-étincelle, la ligne pleine représente la valeur actuelle

et la tendance passée tandis que la tendance future est représentée par une ligne en trait tireté.

Par contre, ces techniques d'affichage proposées par Few (2013) nécessitent des mécanismes permettant de déterminer la valeur future des métriques. Dans bien des cas, il n'est pas possible d'élaborer de modèles prédictifs pour différentes raisons comme le manque de données historiques, une infrastructure inadéquate ou le manque de compétences. Afin de remédier à ce problème, il faut se tourner vers d'autres moyens. Comme expliqué précédemment, la projection des décideurs se base principalement sur leur représentation interne du système causal du domaine. Or, aucune des méthodes présentées dans cette revue de littérature indique de rendre explicite le système causal dans l'interface visuelle d'un TBG.

Dans cette optique, il y a lieu de se demander si la conception d'un TBG devrait s'appuyer sur le système causal du domaine qu'il représente. La question de recherche de ce mémoire est donc définie comme suit : **l'explicitation du système causal dans un TBG permet-elle de mieux soutenir les trois niveaux de la CS, particulièrement le niveau de la projection?** Afin de répondre à cette question, une approche expérimentale basée sur un cas dans le domaine médical est adoptée. Il s'agit de la conception d'un TBG pour le suivi de la performance de l'USIP. La démarche de conception de ce TBG causal est présentée au prochain chapitre.

Chapitre II: Mise en application

Ce chapitre présente la mise en application de la technique de conception proposée dans ce mémoire.

2.1 Contexte d'application

Le cas d'application porte sur le TBG destiné à réaliser le suivi de la performance de l'USIP du Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine au Québec. Annuellement, l'USIP accueille environ 1000 enfants en tant que patients. Ils peuvent être admis à l'USIP pour des raisons médicales et chirurgicales graves telles qu'une infection respiratoire sévère ou une opération neurochirurgicale. Les patients ayant eu une transplantation hépatique, cardiaque ou rénale sont aussi soignés suite à leur chirurgie durant leurs premiers jours post-chirurgie.

2.2 Conception du TBG causal

Avant de concevoir l'interface visuelle, le TBG soutenant les trois niveaux de la CS doit être conçu à partir d'une analyse complète du domaine d'application. Pour ce faire, l'analyste doit débiter par une analyse de la tâche dirigée par les buts (ATDB). Cette technique, utilisée fréquemment en aviation, sert à déterminer les exigences informationnelles pour la conception de dispositifs destinés à soutenir la CS indépendamment des moyens utilisés (Endsley, 2012). La manière dont l'information est acheminée à la personne est déterminée ultérieurement lors de la phase de conception. À titre d'exemple, l'information peut être obtenue par l'affichage d'un système informatique ou simplement par communication verbale avec d'autres personnes. L'ATDB met l'accent sur les buts et sous-butts à atteindre, les décisions à prendre et les informations nécessaires pour prendre ces décisions. Elle consiste à déterminer les informations pertinentes qui changent dynamiquement lors de l'exécution des tâches plutôt que les règles et connaissances statiques du domaine que doivent posséder les personnes pour réaliser leurs tâches.

L'ATDB a été utilisée afin recueillir les besoins informationnels des gestionnaires de l'USIP. Cette analyse a été réalisée à partir de quatre entrevues non structurées avec trois gestionnaires de l'USIP qui possèdent plusieurs années d'expérience en gestion dans le

domaine hospitalier. D'autres consultations ont été réalisées auprès de ces gestionnaires pour valider les exigences informationnelles. Des questions en lien avec les buts et sous-buts de l'USIP ont été posées. Les résultats partiels sont présentés à la figure 4. Bien que d'autres sous-buts ont été déterminés, un seul a été retenu pour les besoins de ce mémoire.

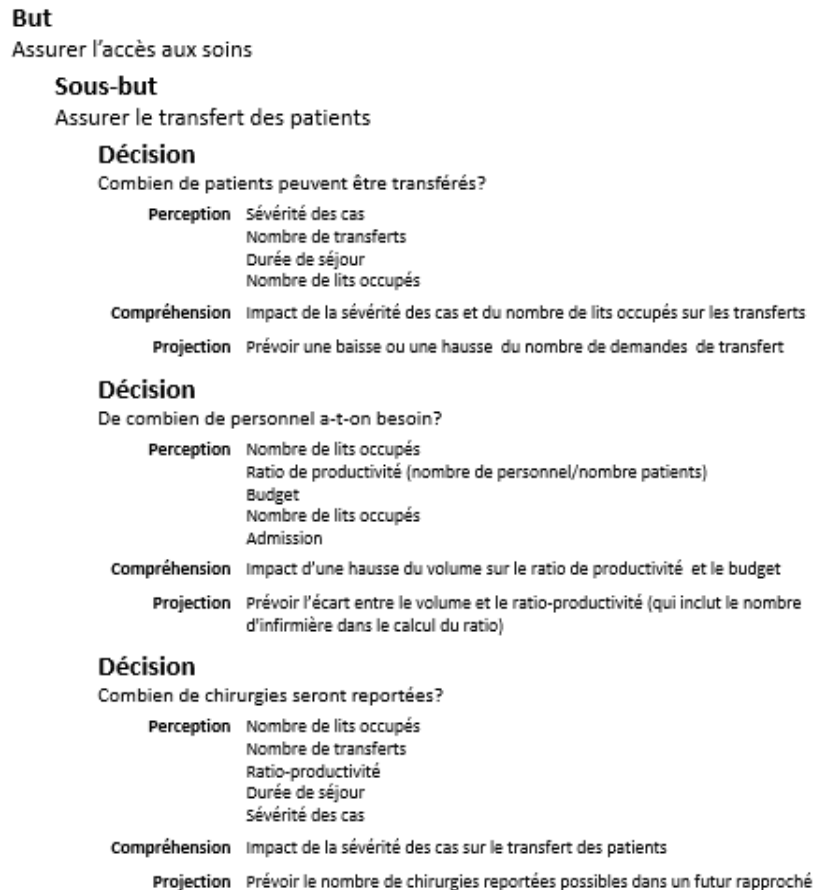


Figure 4: Analyse de la tâche dirigée par les buts.

Pour assurer l'accès aux soins, les gestionnaires doivent s'assurer que les patients stabilisés puissent être transférés dans une autre unité de l'hôpital. Pour atteindre ce sous-but, certaines décisions se doivent être prises comme déterminer la quantité de personnel requise pour réaliser le travail ou déterminer quels patients peuvent être transférés dans une autre unité dans les prochains jours. Chaque décision se doit d'être basée sur les différents états des éléments de l'environnement. Par exemple, pour décider combien de patients peuvent être transférés dans les prochains jours, le gestionnaire doit avoir l'état actuel de la sévérité des cas de chaque patient et la durée moyenne de séjour des patients. Il doit aussi

connaître le nombre de transferts dans les derniers jours puisqu'un nombre important de transferts en un court délai peut causer un blocage dans les autres unités. Pour atteindre le niveau de la compréhension, le gestionnaire doit être capable de faire des liens entre la sévérité d'un cas et la probabilité d'un patient d'être transféré dans une autre unité. Avec ces liens, il peut atteindre le niveau de la projection en prévoyant le nombre de transferts possible dans les prochains jours. Il est important de mentionner que certains éléments comme le nombre futur de lits occupés ou d'admissions peuvent être prédits par des approches statistiques traditionnelles (Boyle et coll., 2012).

Pour représenter le système causal du domaine et ainsi, clarifier les liens causaux entre les différents éléments inclus dans l'ATDB, un graphe du système causal doit aussi être réalisé après l'ATDB. Un exemple de ce graphe pour l'USIP est présenté à la figure 5. Ce graphe est à la base de la disposition des graphiques dans le TBG causal. Il permet de rendre explicites les liens causaux entre chaque élément du système.

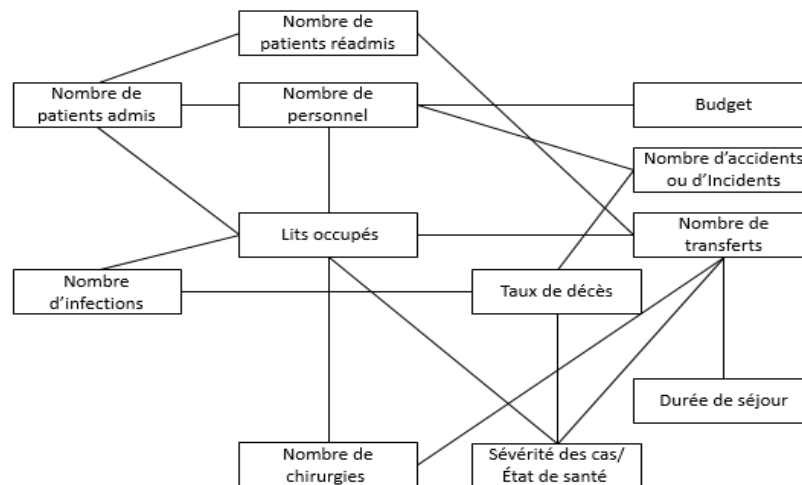


Figure 5: Schéma du système causal de l'USIP.

En plus de représenter les relations entre les indicateurs, ce schéma représente les éléments associés aux intrants, à la transformation et aux extrants. Le schéma a fait l'objet de plusieurs itérations avec les trois gestionnaires rencontrés lors de l'analyse. Une particularité de ce système causal est que les relations de cause à effet sont toutes bidirectionnelles, d'où l'absence de flèches. Par exemple, le budget limite la quantité de

personnel. Or, l'augmentation de la quantité de personnel peut faire varier le budget. Aussi, le nombre d'infections peut limiter le nombre de lits occupés. Or, plus il y a de lits occupés, plus la probabilité d'infections augmente. Ces liens causaux ont été soulevés à l'aide de mises en contexte avec les gestionnaires.

Ce schéma causal permet de distinguer les éléments représentant l'intrant (les admissions), la transformation (les chirurgies liées aux lits occupés) et l'extrant (les transferts) dans ce système. Il représente aussi le système causal de l'environnement de manière simplifiée. Ce schéma représente les relations de cause à effet entre les éléments du système. Le nombre de lits occupés subit l'effet, par exemple, du nombre d'admissions, le nombre de transferts, la quantité de personnel et le nombre de chirurgies réalisées. Tous les éléments du schéma de la figure 5 correspondent aux informations présentées à la figure 4 qui résultent de l'ATDB. Ces éléments sont des informations nécessaires pour soutenir la CS afin de prendre des décisions pour atteindre les buts des gestionnaires de l'USIP. Ce schéma du système causal ne fait pas partie de l'ATDB. Or, il permet d'avoir une meilleure compréhension des particularités du système qu'est l'USIP. Les deux techniques, soient l'ATDB et le graphe du système causal, permettent de collecter l'ensemble des besoins informationnels qui doit être inclus dans le TBG afin de soutenir les trois niveaux de la CS des gestionnaires. Les résultats de cette analyse des besoins permettent de concevoir l'affichage d'un TBG causal dont la maquette est présentée dans la prochaine section.

2.3 Conception visuelle de la maquette du TBG causal et du TBG traditionnel

La conception visuelle de l'interface utilisateur du TBG causal se base sur la notion d'organisation systémique. Il faut tenir compte qu'une organisation peut être vue comme étant un système composé de sous-systèmes reliés entre eux qui interagissent les uns avec les autres pour atteindre des objectifs organisationnels (Beynon-Davies, 2013). L'organisation dépend de son environnement tel que ses fournisseurs et ses technologies pour l'acquisition des ressources nécessaires à la transformation. Ses ressources, c'est-à-dire les intrants (matières premières, capital, équipements, etc.) sont transformées par des sous-systèmes en produits ou services (extrants) qui peuvent se traduire en valeur pour les clients. Ainsi, pour gérer la performance d'une organisation, il faut comprendre le fonctionnement du système et clarifier les relations existantes entre les sous-systèmes. Ces

connaissances permettent de comprendre ce qui affecte les processus et les résultats de l'organisation.

Pour représenter le système causal d'une organisation, l'affichage proposé d'un TBG causal se base sur cette notion en représentant, dans le TBG, les indicateurs liés aux intrants, à la transformation et aux extrants du domaine d'application. Ces indicateurs sont disposés en fonction du système causal. Ce système causal est représenté sur un seul écran en explicitant les liens entre les différents indicateurs à l'aide de flèches. La proximité et les liens explicites entre les graphiques permettent de mieux soutenir le niveau de la projection (Few, 2013) et le regroupement des graphiques permet aussi d'améliorer la visualisation lors d'analyses croisées (Orts, 2005). Cette manière de disposer l'information est innovante pour un TBG puisque traditionnellement les graphiques sont disposés côte à côte en s'assurant d'afficher les graphiques les plus importants en haut à gauche de l'écran (Rasmussen et coll., 2009).

Un exemple de maquette du TBG causal pour l'USIP conçue à partir de l'ATDB et du schéma causal est présenté à la figure 6. Les intrants, la transformation, les ressources nécessaires pour transformer les intrants en extrants et les extrants sont affichés dans ce TBG causal. À gauche, le graphique des admissions représente les intrants du système. Les graphiques des lits occupés et des chirurgies reportées, au centre, représentent les traitements du système. Le graphique des transferts, à droite, représente les extrants du système. En bas, les graphiques de quantité de personnel infirmier et du budget sont les ressources nécessaires pour soigner les patients, donc les ressources pour réaliser la transformation dans ce système. La qualité du système est mesurée par le nombre de réadmissions en moins de 48 heures, c'est-à-dire le graphique linéaire en haut. D'autres indicateurs tels que la sévérité des cas et la durée moyenne de séjour sont affichés pour donner davantage d'informations aux gestionnaires dans leur prise de décision. Des cibles de performance sont disposées à côté des graphiques. Ces cibles sont représentées par des petits triangles à la droite de certains graphiques, par exemple le triangle gris entre le graphique des admissions et la valeur « 8 ». Lorsqu'un de ces triangles devient rouge, cela indique qu'il y a un problème avec le système comme c'est le cas avec le graphique des chirurgies reportées.

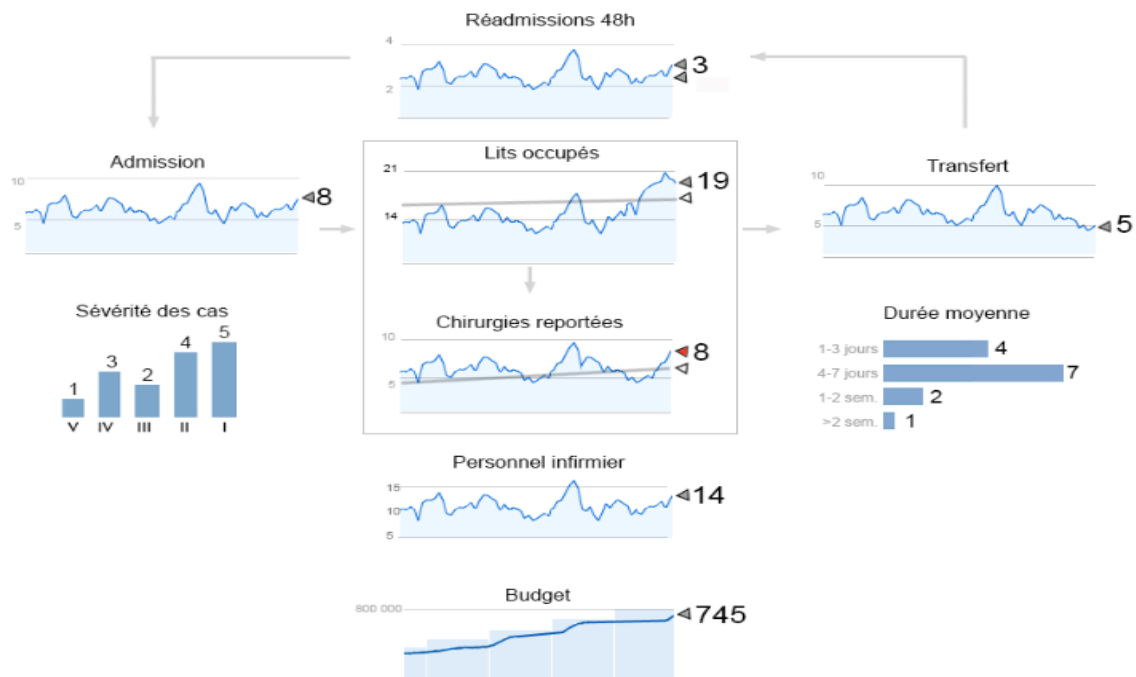


Figure 6: Maquette du TBG causal.

Le type des graphiques a été choisi en tenant compte du type de donnée qui doit être représenté et les tâches à réaliser avec le TBG. Dans cette optique, les graphiques à barres et les graphiques linéaires ont été choisis puisque ces graphiques sont plus efficaces pour les tâches qui requièrent d'identifier et de comprendre les relations entre les indicateurs et de faire des comparaisons entre ces indicateurs (Yigitbasioglu et Velcu, 2012). Ces types de graphiques permettent de présenter les tendances passées et prévues (Few, 2013).

Pour ce qui est du nombre d'indicateurs, il n'y a pas de nombre maximal. Il faut malgré tout considérer la résolution de l'écran sur lequel le TBG sera consulté pour éviter d'avoir à faire défiler l'écran. Toutefois, certaines technologies récentes permettent aux TBG de s'adapter à la taille de l'écran, ce qui rend impossible d'éviter le défilement sur les petits écrans comme avec les téléphones intelligents. Dans le cas du TBG causal, il faut s'assurer que les liens causaux sont visibles avec toutes les résolutions d'écrans. Dans cette optique, il ne faut pas surcharger l'écran avec des informations non pertinentes pour la réalisation des tâches.

Du côté du soutien à la CS pour le TBG causal de l'USIP, les gestionnaires rencontrés lors de l'analyse ont commenté l'une de leurs décisions qui consistent à déterminer le nombre de transferts de patients possible vers une autre unité. Au niveau de la perception (niveau 1), le TBG causal permet aux gestionnaires de percevoir le nombre de transferts dans les derniers jours et même des derniers mois. Il permet aussi de connaître la sévérité des cas de chaque patient, la durée de séjour de chaque patient et le nombre de lits occupés. Le nombre de lits occupés est important à connaître puisque s'il est élevé, les gestionnaires vont devoir donner congé à certains patients plus rapidement. Ces informations permettent aux gestionnaires de passer au niveau de la compréhension (niveau 2), car ils peuvent croiser toutes ces informations pour comprendre l'impact de la sévérité des cas et le nombre de lits occupés sur la durée de séjour et sur le possible transfert d'un patient. Ces liens entre les différents éléments permettent aux gestionnaires de passer au niveau de la projection (niveau 3), car ils sont capables avec ces éléments de prévoir le nombre de patients qui devrait être normalement transféré vers une autre unité dans les prochains jours. La représentation du système causal permet aussi de soutenir l'idée que pour prédire le nombre de transferts, il faut connaître la sévérité des cas, la durée de séjour et le nombre de lits occupés. Tous ces éléments ont un impact sur le nombre de transferts hors de l'USIP.

Malgré que cette maquette se base sur des notions déjà validées dans l'état de l'art, une évaluation expérimentale doit être réalisée pour évaluer réellement si l'explicitation du système causal dans un TBG soutient davantage les trois niveaux de la CS, particulièrement le niveau de la projection.

Cette expérimentation doit mesurer l'impact du TBG causal sur les trois niveaux de la CS par rapport à une maquette de TBG qui correspond à un affichage traditionnel. La maquette de TBG causal et la maquette de TBG traditionnel sont en tout point similaires. La seule différence est la disposition des graphiques. Les graphiques de la maquette de TBG traditionnel ne sont pas disposés de manière à rendre explicites leurs relations systémiques (intrant, traitement, extrant), mais plutôt disposés les uns à côté des autres. La figure 7 présente un exemple de maquette de TBG traditionnelle utilisée pour les évaluations.

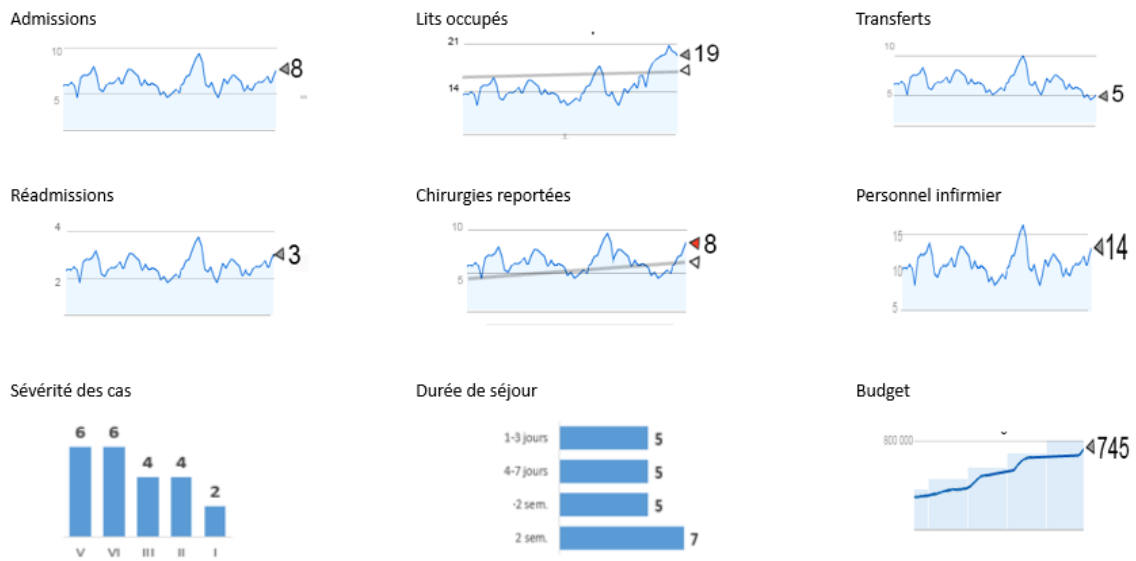


Figure 7: Maquette du TBG traditionnel.

Chapitre III : Méthode expérimentale

Afin d'évaluer si le TBG basé sur le système causal soutient davantage les trois niveaux de la CS que le TBG traditionnel, une expérimentation a été réalisée auprès de gestionnaires hospitaliers du CHUSJ. Chaque participant évaluait seulement un type de maquette, soit la maquette du TBG causal ou celle du TBG traditionnel.

3.1 Méthode de recherche

Plusieurs techniques existent afin d'évaluer le soutien de la CS de l'utilisateur. La technique SAGAT (*Situation Awareness Global Assessment Technique*) a été utilisée dans le cadre de cette étude (Endsley, 1995). Cette technique vise à évaluer les trois niveaux de la CS : perception, compréhension et projection. La validité de critère et la fiabilité de cette technique ont été scientifiquement testées dans des études antérieures (Koch et al., 2013).

L'hypothèse de cette étude est que l'explicitation du système causal permet de mieux soutenir la projection. Or, le niveau de la projection s'appuie sur les deux premiers niveaux de la CS. C'est pour cette raison que les analyses statistiques sont aussi réalisées pour les niveaux de la perception et de la compréhension. Ces analyses servent aussi à s'assurer que l'explicitation du système causal n'ait pas d'impact négatif sur le soutien de ces deux premiers niveaux.

Afin d'évaluer les trois niveaux de la CS de l'utilisateur, une série de questions conçue à partir de l'ATDB a été posée aux participants. Les questions et les réponses à celles-ci ont été validées par un gestionnaire expérimenté du CHUSJ qui n'a pas pris part à l'évaluation. Un exemple de question pour le niveau de la perception était : « Combien de transferts ont-eu lieu cette semaine? » Un exemple de question pour le niveau de la compréhension était : « Pourquoi le nombre de lits occupés a augmenté drastiquement cette semaine? » Finalement, un exemple de question pour le niveau de la projection était : « Est-il davantage plausible d'avoir une augmentation ou une diminution des chirurgies reportées dans les prochains jours? » Les participants à l'évaluation ont été invités à répondre à ce type de questions pendant des interruptions d'un scénario de simulation.

3.2 Participants

Dix participants se sont portés volontaires afin d'évaluer une des deux maquettes papier de TBG soit celle causale ou celle traditionnelle. Les participants travaillent dans le domaine hospitalier depuis plus de 9 ans et étaient gestionnaires d'un département au CHUSJ au moment de l'évaluation. Le tableau 1 présente les données sociodémographiques de chaque participant pour l'expérimentation du TBG causal et le tableau 2 présente les données de chaque participant pour l'expérimentation du TBG traditionnel. Six des dix participants sont infirmiers de profession. Les autres participants ne sont pas infirmiers de profession, mais ils ont les notions nécessaires pour comprendre le fonctionnement des soins intensifs pédiatriques.

SUJET	1	2	3	4	5
SEXE	Femme	Femme	Homme	Femme	Homme
PROFESSION	Autre	Infirmière	Infirmier	Autre	Infirmier
NIVEAU D'ÉTUDE ATTEINT	Maîtrise	Maîtrise	Maîtrise	Bac	Diplôme 2 ^e cycle
#ANNÉES EN SANTÉ	10	41	20	23	15
#ANNÉES EN TANT QUE GESTIONNAIRE	3	35	8	19	7

Tableau 1: Données sociodémographiques des participants à l'évaluation du TBG causal.

Pour les participants de l'évaluation du TBG causal, trois femmes et deux hommes constituent ce groupe et trois de ces participants ont une maîtrise. Ils ont entre 3 et 35 années d'expérience en tant que gestionnaire hospitalier ($\bar{x}=14,4$).

SUJET	6	7	8	9	10
SEXE	Femme	Homme	Femme	Femme	Femme
PROFESSION	Autre	Autre	Infirmière	Infirmière	Infirmière
NIVEAU D'ÉTUDE ATTEINT	Maîtrise	Bac	Maîtrise	Maîtrise	Maîtrise
#ANNÉES EN SANTÉ	27	18	20	26	21
#ANNÉES EN TANT QUE GESTIONNAIRE	17	3	11	17	15

Tableau 2:Données sociodémographiques des participants à l'évaluation du TBG traditionnel.

Quant aux participants évaluant le TBG traditionnel, quatre femmes et un homme constituent le groupe. Quatre d'entre eux ont une maîtrise. Ces participants ont entre 11 et 17 années d'expérience ($\bar{x}=12,6$) en tant que gestionnaire dans le réseau de la santé.

3.3 Procédure

Les dix participants ont été aléatoirement divisés en deux groupes distincts de cinq. Les évaluations étaient d'une durée d'une heure. Elles se déroulaient dans une salle fermée et le participant était assis côte à côte avec le chercheur. L'évaluation débutait avec un questionnaire sociodémographique et le testeur donnait 5 minutes au participant afin de se familiariser avec la maquette de TBG avant de commencer à réaliser un ensemble de tâches. Aucune explication spécifique n'a été donnée aux participants concernant les maquettes de TBG afin de ne pas les influencer. L'expérience consistait à réaliser dix-huit tâches, chacune étant une question à répondre. Les dix-huit questions couvraient les trois niveaux de la CS, incluant neuf questions pour le niveau de la perception, cinq pour le niveau de la compréhension et finalement, quatre questions pour le niveau de la projection. Deux maquettes papier d'un même type de TBG ont été présentées aux participants. Ces deux maquettes (scénarios) ont été l'objet de questions.

3.4 Mesures de performance

Afin d'évaluer la performance des deux types de TBG (variable indépendante) au soutien de la CS, les mesures de performance (variables dépendantes) étaient :

- le taux de bonne réponse;
- le temps de complétion de la tâche (temps de réponse).

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Afin de déterminer si le type de TBG (causal ou traditionnel) a un impact significatif sur l'efficacité et sur le temps de complétion des tâches pour les trois niveaux de la CS, des analyses statistiques ont été réalisées dont des tests de moyenne. Lors des évaluations, le taux de bonne réponse (taux d'efficacité) pour les deux types de TBG était sensiblement le même pour l'ensemble des questions. Ces résultats sont présentés dans la section 4.1. Dans cette optique, les résultats des analyses statistiques en lien avec le temps de complétion des tâches sont davantage détaillés et discutés. Ces résultats sont présentés aux sections 4.2 à 4.4.

4.1 Taux d'efficacité pour les tâches des trois niveaux

La figure 8 présente les taux d'efficacité à la première tentative pour l'ensemble des tâches de l'expérimentation.

Tâche	Type de TBG		Tâche	Type de TBG	
	Traditionnel	Causal		Traditionnel	Causal
1	100%	100%	10	100%	100%
2	100%	100%	11	100%	100%
3	100%	100%	12	80%	100%
4	100%	100%	13	100%	100%
5	100%	100%	14	100%	100%
6	100%	100%	15	100%	100%
7	100%	100%	16	100%	100%
8	100%	100%	17	100%	100%
9	100%	100%	18	80%	80%

Figure 8: Taux d'efficacité pour chaque tâche.

Ces résultats confirment que le taux d'efficacité est assez similaire pour l'ensemble des tâches peu importe le type de TBG utilisé lors de l'expérimentation. Le type de TBG n'a donc aucun impact significatif sur l'efficacité des réponses. Les deux seules tâches où des participants n'ont pas trouvé la bonne réponse à la première tentative sont les tâches 12 et 18. Pour la tâche 12, un seul participant a trouvé la bonne réponse à la 2^e tentative. Ce participant utilisait le TBG traditionnel. Pour la tâche 18, un participant dans chaque groupe a trouvé la bonne réponse à la 2^e tentative.

Puisque tous les participants à cette expérimentation sont des gestionnaires hospitaliers avec au minimum dix années d'expérience en santé, il est normal que le taux d'efficacité à la première tentative soit aussi élevé pour les deux types de TBG. Ils ont les connaissances qui leur permettent d'identifier rapidement les causes potentielles des problèmes. Puisque le taux d'efficacité est similaire peu importe le type de TBG utilisé, le temps de complétion des tâches est davantage analysé.

4.2 Temps de complétion pour les tâches de perception

Neuf questions ont été posées aux participants pour le niveau de la perception. Puisque l'étude analyse l'impact d'une variable catégorielle à deux groupes (type de TBG) sur des variables continues (temps de complétion), le test de t de Student a été utilisé. L'ensemble des résultats des analyses statistiques pour le niveau de la perception est présenté à la figure 9.

	Temps de complétion (s)	N	Type de TBG	
			Traditionnel	Causal
(a)	Tâche 1	10	1,86 (0,40)	1,57 (0,30)
	Tâche 2	10	0,94 (0,11)	0,85 (0,14)
	Tâche 3	10	1,95 (0,34)	1,66 (0,52)
	Tâche 4	10	1,90 (0,34)	1,91 (0,55)
	Tâche 5	10	3,71 (0,50)	3,21 (0,88)
	Tâche 6	10	2,10 (0,36)	1,97 (0,52)
	Tâche 7	10	0,89 (0,10)	0,84 (0,12)
	Tâche 8	10	4,83 (0,77)	3,26 (1,32)
	Tâche 9	10	3,03 (0,86)	1,80 (0,48)
(b)	Temps de complétion (s)	d.f.	t	p
	Tâche 1	8	1,304	0,228
	Tâche 2	8	1,125	0,293
	Tâche 3	8	1,063	0,319
	Tâche 4	8	-0,011	0,992
	Tâche 5	8	1,103	0,302
	Tâche 6	8	0,461	0,657
	Tâche 7	8	0,766	0,466
	Tâche 8	8	2,293	0,051
	Tâche 9	8	2,011	0,079

*Significatif à $\alpha=0,05$

Figure 9: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de perception (b).

Au regard de ces résultats, il y a lieu d'affirmer que les moyennes pour le temps de complétion pour l'ensemble des tâches de perception sont assez similaires. Les résultats des tests de t de Student le confirment. Ces résultats indiquent que pour l'ensemble des tâches de perception, le type de TBG n'a pas d'impact significatif sur le temps de complétion d'une tâche liée à ce niveau. Afin de discuter des résultats, la figure 10 présente uniquement les résultats de deux tâches de perception.

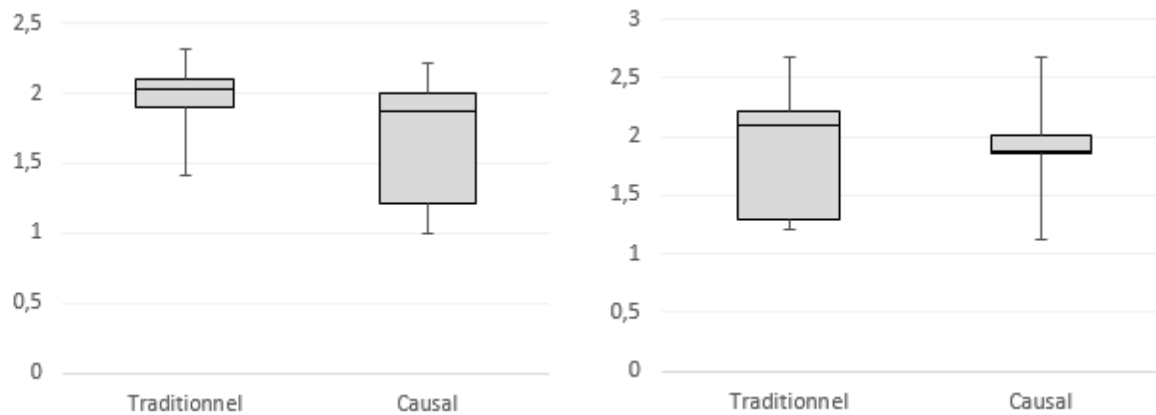


Figure 10: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 3 (à gauche) et de la tâche 4 (à droite).

Dans le cas de la tâche 3², le temps moyen de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 1,66 seconde et celui avec le TBG traditionnel est de 1,95 seconde. Il n'existe donc pas une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=1,063$, $p=0,319$). Pour la tâche 4³, la moyenne du temps de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 1,91 seconde et celle avec le TBG traditionnel est de 1,90. Pour cette tâche aussi, il n'existe pas une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=-0,011$, $p=0,992$).

Avec ces résultats, il y a lieu d'affirmer que le TBG causal n'a pas d'impact favorable au niveau du temps de complétion pour la réalisation d'une tâche liée à la perception. Le temps

² Combien de lits en moyenne étaient occupés dans l'unité cette semaine?

³ Combien de transferts ont eu lieu cette semaine?

de complétion des tâches est semblable, peu importe le type de TBG utilisé. Ces résultats viennent soutenir le fait que l’affichage sur un même écran de tous les indicateurs soutient assez bien le niveau de perception de la CS (Few, 2013). Les flèches représentant le système causal dans le TBG ne sont donc pas nécessaires au niveau de la perception puisque le décideur considère un indicateur à la fois et non, un ensemble d’indicateurs afin de réaliser une tâche de perception.

4.3 Temps de complétion pour les tâches de compréhension

Cinq tâches liées au niveau de la compréhension ont été demandées aux participants. L’ensemble des résultats pour les cinq tâches est présenté à la figure 11.

	Temps de complétion (s)	N	Type de TBG	
			Traditionnel	Causal
(a)	Tâche 10	10	2,08 (0,20)	1,40 (0,47)
	Tâche 11	10	13,75 (2,39)	9,89 (1,35)
	Tâche 12	10	27,07 (2,39)	19,47 (1,61)
	Tâche 13	10	3,04 (1,47)	2,64 (0,38)
	Tâche 14	10	6,15 (1,81)	5,26 (1,31)

	Temps de complétion (s)	d.f.	t	p
(b)	Tâche 10	5,476	3,025	0,026*
	Tâche 11	8	3,145	0,014*
	Tâche 12	8	5,913	0,000*
	Tâche 13	8	0,590	0,571
	Tâche 14	8	0,889	0,400

*Significatif à $\alpha=0,05$

Figure 11: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de compréhension (b).

Les trois premières tâches ont été demandées en se basant sur le premier scénario (la première maquette). Pour l’ensemble de ces tâches de compréhension, il existe une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG. Le TBG causal a ainsi un impact sur le temps moyen de complétion de la tâche. Dans le cas de la tâche 10⁴, le temps moyen de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 1,40

⁴ Quel est l'indicateur le plus problématique actuellement? Justifier.

seconde et celui avec le TBG traditionnel est de 2,08 secondes. Il existe une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=3,025$, $p=0,026$).

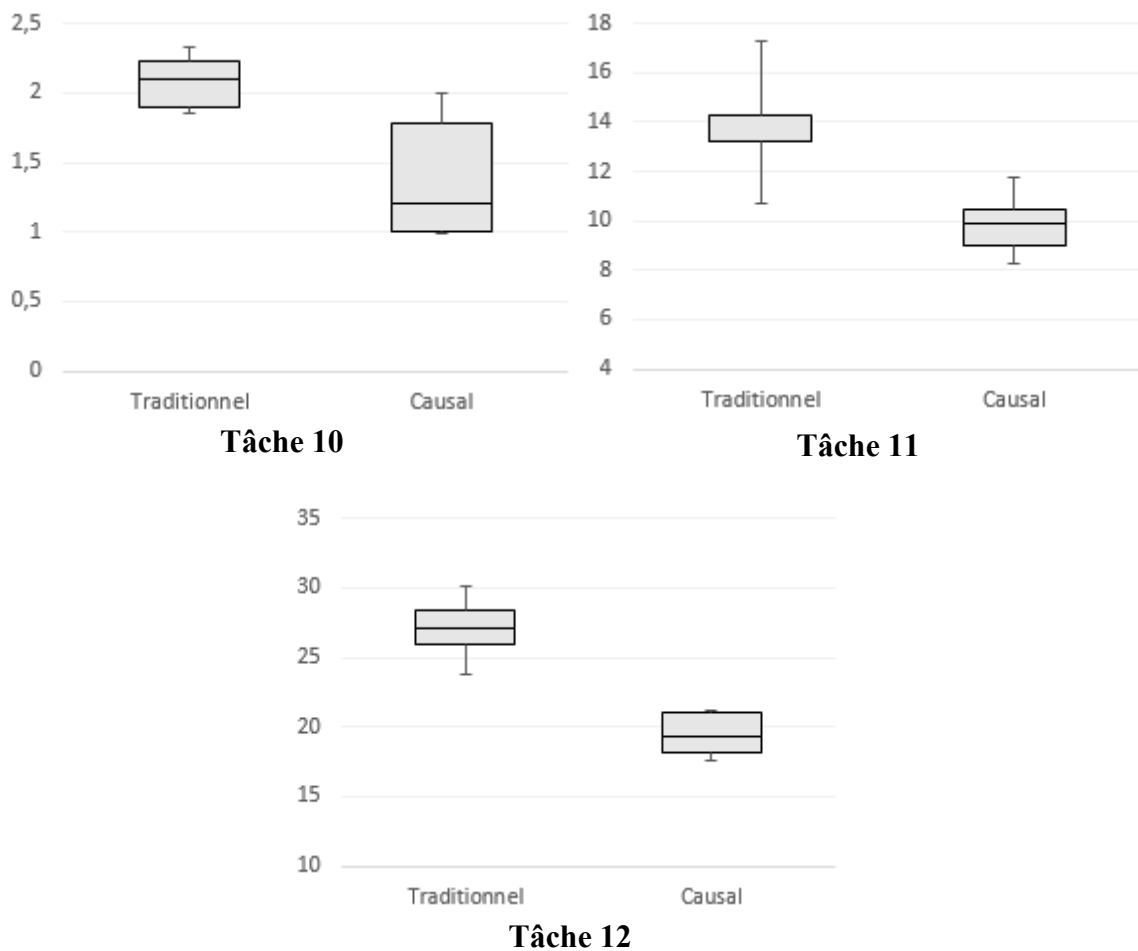


Figure 12: Comparaison du temps de complétion en seconde des tâches 10, 11 et 12.

Pour les tâches 11⁵ ($t= 3,145$; $p=0,014$) et 12⁶ ($t= 5,913$; $p=0,00$), il existe aussi une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG.

Allons maintenant vérifier si les résultats pour les deux tâches de compréhension liées au deuxième scénario confirment ces résultats démontrant que le TBG causal a un impact sur

⁵ Pourquoi les chirurgies reportées ont augmenté?

⁶ Pour quelle raison les transferts sont-ils à la baisse?

le temps de complétion d'une tâche de ce niveau. Les résultats des deux dernières tâches sont présentés à la figure 13 en complément avec les résultats présentés précédemment à la figure 11.

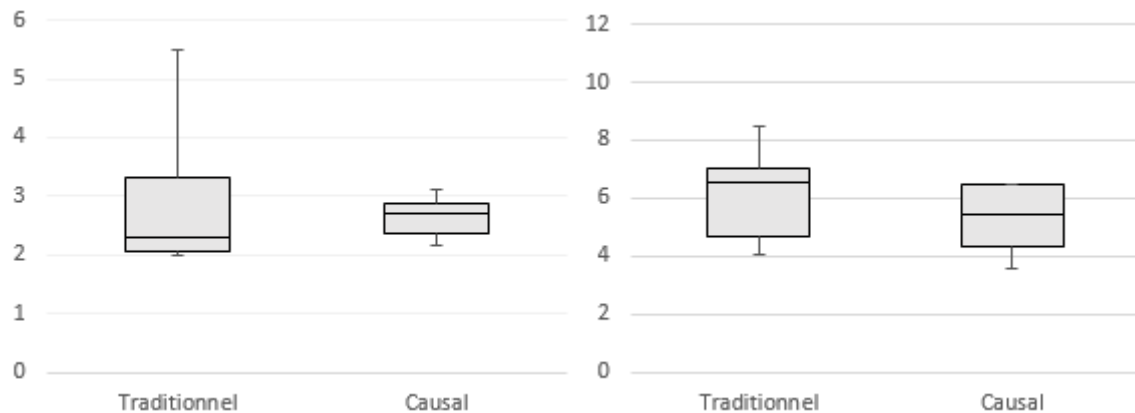


Figure 13: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 13 (à gauche) et de la tâche 14 (à droite).

Ces résultats ne viennent pas confirmer les résultats obtenus pendant le premier scénario. Aucune des deux tâches n'indique que le type du TBG a un impact sur le temps moyen de complétion. Pour la tâche 13⁷, les moyennes sont assez similaires en se basant sur le graphique. Le temps moyen de complétion de cette tâche avec le TBG causal est de 2,64 secondes et celui avec le TBG traditionnel est de 3,04 secondes. Cette différence de moyenne n'est pas significative ($t=0,590$; $p=0,571$). Par contre, cette tâche ressemblait beaucoup à une tâche avec la première maquette donc les participants avaient déjà une idée où regarder pour trouver la réponse à la question. Cette question était liée aux indicateurs les plus problématiques. Les participants savaient qu'ils devaient regarder les cibles de la couleur rouge. Ainsi, les flèches représentant le système causal n'étaient pas nécessaires pour découvrir la réponse à cette question. Pour la tâche 14⁸, le temps moyen de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 5,26 secondes et celui avec le TBG traditionnel est

⁷ Nommez-moi les indicateurs les plus problématiques actuellement? Justifier.

⁸ Le nombre moyen de lits occupés a augmenté drastiquement cette semaine. Pourquoi ?

de 6,15 secondes. Dans ce cas-ci aussi, il n'existe pas une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=0,899$, $p=0,400$).

Avec tous les résultats liés aux tâches de compréhension, il y a lieu d'affirmer qu'à ce niveau, l'impact de l'explicitation du système causal dans le TBG dépend du type de question. Certaines questions nécessitent l'élaboration du système causal, par exemple, la question : « pourquoi les chirurgies reportées ont augmenté cette semaine? ». Afin de répondre à ce type de question, le décideur doit faire des liens entre les indicateurs et c'est dans ce contexte que l'explicitation des liens causaux aide le décideur à répondre plus rapidement à ce type de question. Par contre, lorsque le décideur doit déterminer quels sont les indicateurs les plus problématiques, il ne doit pas déterminer les liens causaux. Il vérifie uniquement si la cible pour chaque indicateur est atteinte ou non sans nécessairement faire des liens entre les indicateurs. Les résultats de l'expérimentation semblent aller dans cette direction.

Seul bémol, la dernière tâche de compréhension ne démontre toutefois pas que le type de TBG a un impact sur le temps moyen de complétion. Or, pour la majorité des tâches de compréhension qui nécessite de déterminer les liens causaux, l'explicitation du système causal dans le TBG causal permet sans aucun doute de diminuer le temps moyen de complétion de la tâche. Ces résultats vont dans le sens de la littérature qui indique que la connaissance du système causal permet le raisonnement à la base de la compréhension (Khemlani et al., 2014).

4.4 Temps de complétion pour les tâches de projection

Finalement, pour l'ensemble des quatre tâches de projection analysées avec le test de t de Student, il y a une différence significative entre la moyenne du temps de complétion de la tâche et le type de TBG utilisé ($p \leq 0,05$). La figure 14 présente l'ensemble des résultats des tests de moyenne et la figure 15 présente les comparaisons du temps de complétion entre les deux types de TBG pour les tâches 15 et 16.

(a)	Temps de complétion (s)	N	Type de TBG	
			Traditionnel	Causal
	Tâche 15	10	21,18 (1,25)	17,23 (0,91)
	Tâche 16	10	7,62 (1,62)	4,29 (0,69)
	Tâche 17	10	9,27 (1,19)	6,77 (0,49)
	Tâche 18	10	12,29 (2,84)	8,79 (0,87)

(b)	Temps de complétion (s)	d.f.	t	p
	Tâche 15	8	5,708	0,000*
	Tâche 16	8	4,225	0,003*
	Tâche 17	8	4,359	0,002*
	Tâche 18	8	2,632	0,049*

*Significatif à $\alpha=0,05$

Figure 14: Moyenne du temps de réponse (écart-type) (a) et résultats des tests de moyennes pour chaque tâche de projection (b).

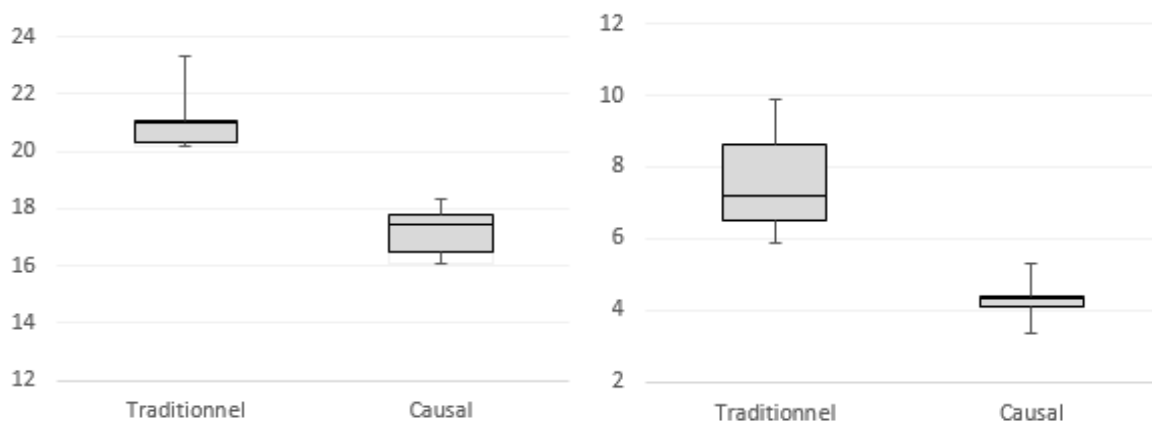


Figure 15: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 15 (à gauche) et de la tâche 16 (à droite).

Dans le cas de la tâche 15⁹, le temps moyen de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 17,23 secondes et celui avec le TBG traditionnel est de 21,18 secondes. Le temps

⁹ Actuellement, 7 patients ont un ratio de 1 infirmière pour 1 patient et les douze autres patients ont un ratio de 2 patients pour 1 infirmière. En connaissant ce fait, le département a-t-il les ressources nécessaires pour accueillir 3 patients supplémentaires avec un ratio de 1 infirmière par 1 patient? Si non, combien d'infirmières devraient être ajoutées pour combler le besoin?

moyen de complétion pour cette tâche avec le TBG traditionnel est entre 2,35 et 5,55 secondes plus lent qu’avec le TBG causal. Il existe ainsi une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=5,708$, $p=0,000$). Pour la tâche 16¹⁰, la moyenne du temps de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 4,29 secondes et celle avec le TBG traditionnel est de 7,62. Pour cette tâche aussi, il existe une différence significative entre le temps moyen de complétion et le type de TBG ($t=4,225$, $p=0,003$). Le temps moyen de complétion de cette tâche avec le TBG traditionnel est entre 1,51 et 5,15 secondes plus lent qu’avec le TBG causal.

La figure 16 présente les comparaisons du temps de complétion entre les deux types de TBG pour les tâches 17 et 18.

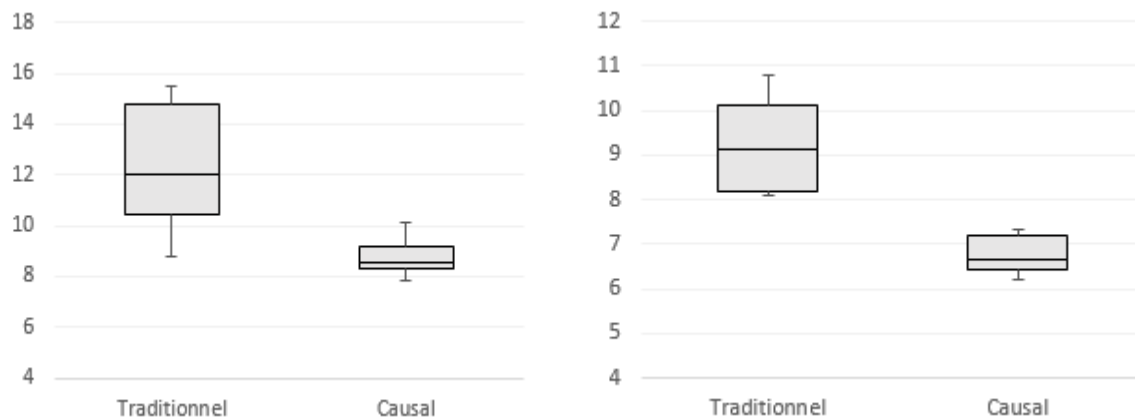


Figure 16: Comparaison du temps de complétion en seconde de la tâche 17 (à gauche) et de la tâche 18 (à droite).

Pour la tâche 17¹¹, la moyenne du temps de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 6,77 secondes et celle avec le TBG traditionnel est de 9,27. Il existe une différence significative entre le type de TBG et le temps moyen de complétion ($t=4,359$, $p=0,002$). En moyenne, le temps de complétion de cette tâche avec le TBG traditionnel est entre 1,18 et 3,83 secondes plus lent qu’avec le TBG causal. Finalement pour la tâche 18¹², la moyenne de temps de complétion de la tâche avec le TBG causal est de 8,79 secondes et

¹⁰ Prévoit-on que le nombre de transferts va augmenter dans les prochains jours? Justifier.

¹¹ Le département est-il prêt à faire face à une augmentation d'admission? Justifier.

¹² Est-il davantage plausible d'avoir une augmentation ou une diminution des chirurgies rapportées? Justifier.

celle avec le TBG traditionnel est de 12,29. Il existe aussi une différence significative entre le temps moyen de cette tâche et le type de TBG ($t=2,632$, $p=0,049$). En moyenne, le temps de complétion de cette tâche avec le TBG traditionnel est entre 0,027 et 6,97 secondes plus lent qu'avec le TBG causal.

En somme, dans ces quatre tâches, le type de TBG influence le temps de complétion de cette tâche ($p \leq 0,05$). En effet, le TBG causal permet de réduire significativement le temps de complétion d'une tâche liée à la projection pour ces quatre tâches. Avec ces résultats, l'hypothèse que l'explicitation du système causal dans un TBG permet de réduire le temps de complétion pour une tâche de projection est confirmée. Ce résultat appuie les différentes études qui affirment que la connaissance du système causal est à la base de la projection (Garcia-Retamero et Hoffrage, 2006 ; Khemlani et al., 2014). Si les décideurs ont déjà accès à la représentation visuelle du système causal dans le TBG, ils ne sont pas obligés d'élaborer un schéma mental du système causal, ce qui leur épargne du temps lors de la prise de décision. Ce constat va dans le sens des résultats des analyses qui indiquent que la moyenne du temps de complétion est significativement plus courte si le participant utilisait le TBG causal plutôt que le TBG traditionnel.

En somme, le TBG causal n'a aucun impact sur le temps de complétion d'une tâche de perception. Pour les tâches de compréhension, ce type de TBG a un impact lorsque la tâche nécessite de faire des liens entre deux ou plusieurs indicateurs et finalement, pour toutes les tâches de projection, ce TBG causal permet de réduire significativement le temps de complétion. Ainsi, l'hypothèse de cette recherche qui suggérait que l'explicitation du système causal permet de mieux soutenir la projection est confirmée dans le cas du temps de réponse.

Conclusion

Pour conclure, ce mémoire avait pour objectif de proposer une technique de conception de TBG causal pour les soins intensifs pédiatriques basée sur le système causal de l'environnement afin de soutenir les trois niveaux de la CS, principalement le niveau de la projection. Cette technique est la contribution principale de ce mémoire. La première contribution secondaire est l'application de cette technique pour la conception d'un TBG pour l'USIP du CHUSJ. La deuxième contribution secondaire est l'évaluation expérimentale de cette technique basée sur l'explicitation du système causal afin de déterminer si elle soutient davantage les trois niveaux de la CS du décideur. L'évaluation a été réalisée à l'aide de la technique SAGAT auprès de dix gestionnaires hospitaliers afin de répondre à la question de recherche soit si l'explicitation du système causal dans un TBG permet de mieux soutenir le niveau de la projection. Cette expérimentation a permis de répondre à cette question.

Principaux résultats et limites de recherche

L'hypothèse de cette étude était que l'explicitation du système causal permet de mieux soutenir la projection. Or, le niveau de la projection s'appuie sur les deux premiers niveaux de la CS. C'est pour cette raison que les analyses statistiques ont aussi été réalisées pour les niveaux de la perception et de la compréhension. Pour les trois niveaux de la CS, les résultats des analyses démontrent que l'explicitation du système causal dans le TBG causal ne permet pas d'avoir de meilleures réponses, mais elle permet toutefois de réduire le temps de complétion pour certains niveaux. Pour le niveau de la perception, l'explicitation du système causal n'a aucun impact sur le temps de réponse puisque le décideur ne doit pas établir les liens causaux entre les indicateurs pour répondre à une tâche de perception. Pour le niveau de la compréhension, l'explicitation du système causal permet de réduire le temps de complétion moyen uniquement pour les tâches nécessitant de faire des liens entre certains indicateurs. Pour le niveau de la projection, l'explicitation permet de réduire significativement le temps de réponse pour une tâche liée au niveau de la projection de la CS.

Le faible nombre de participants et de tâches est une des limites de cette étude. Un plus grand nombre de participants et de tâches aiderait à mieux appuyer la généralisation des résultats. Or, les participants sont grandement représentatifs de la population d'utilisateurs, ayant eux-mêmes en moyenne une expérience considérable en gestion hospitalière. De plus, il n'est pas certain que le TBG causal serait à tout point similaire si une autre personne réalisait à nouveau cette recherche puisque plusieurs facteurs, incluant les questionnaires rencontrés pendant l'analyse des besoins, peuvent avoir un impact sur le choix des indicateurs.

Recherches futures

En termes de recherches futures, il serait intéressant d'appliquer la technique proposée dans un autre domaine autre que la gestion hospitalière afin de déterminer si le TBG causal peut être pertinent dans plusieurs domaines.

Il serait aussi pertinent d'approfondir la notion de système causal pour soutenir la CS. Puisque l'ATDB ne se préoccupe pas des relations entre les informations, il faut se tourner vers d'autres approches d'analyse. Notamment, l'analyse du domaine de travail (*work domain analysis*), le premier des cinq niveaux d'analyse de l'analyse cognitive du travail (*cognitive work analysis*), est une approche d'analyse mettant l'accent sur les contraintes du domaine de travail sous forme de variables et de relations entre elles (Naikar, 2013; Vicente, 1999). La technique de représentation privilégiée est la hiérarchie d'abstraction qui consiste à structurer les informations essentielles à l'atteinte des buts à travers différents niveaux d'abstraction (Naikar, 2013; Rasmussen, 1979; Vicente et Rasmussen, 1992). Ce faisant, elle semble correspondre à l'explicitation du modèle mental d'un individu, c'est-à-dire l'ensemble des variables et leurs relations nécessaires à la compréhension de la dynamique de l'environnement. Conséquemment, l'intégration de l'ATDB et de l'analyse du domaine de travail mérite d'être étudiée. Plus spécifiquement, il faut voir comment la hiérarchie d'abstraction permettrait de mettre en relation les informations associées aux trois niveaux de la CS à travers ses différents niveaux d'abstraction.

Références bibliographiques

- Beynon-Davies, P. (2013). *Business Information Systems*, 2nd edition. Palgrave.
- Boyle, J., Jessup, M., Crilly, J., Green, D., Lind, J., Wallis, M. et al. (2012). Predicting emergency department admissions. *Emerg Med Journal*, 29(5), 358–365.
- Buttigieg, S. C., Pace, A. et Rathert, C. (2017). Hospital performance dashboards: a literature review. *Journal of Health Organization and Management*, 31(3), 385-406.
- Dowding, D., Randell, R., Gardner, P., Fitzpatrick, G., Dykes, P., Favela, J. et al. (2015). Dashboards for improving patient care: review of the literature. *International journal of medical informatics*, 84(2), 87-100.
- Endsley, M.R., Farley, T.C., Jones, W.M., Midkiff, A.H. et Hansman, R.J. (1998). Situation Awareness Information Requirements For Commercial Airline Pilots. Technical Report #ICAT-98-1. International Center for Air Transportation.
- Endsley, M.R., Sollenberger, R., Nakata, A. et Stein, E.S. (2000). Situation Awareness in Air Traffic Control: Enhanced Displays for Advanced Operations. Technical Report #DOT/FAA/CT-TN00/01. U.S. Department of Transportation.
- Eckerson, W. W. (2010). *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*. John Wiley & Sons.
- Endsley, M.R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Endsley, M.R. (2012). *Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design 2nd edition*. CRC Press, Floride.
- Endsley, M. R. (2015). Situation awareness misconceptions and misunderstandings. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 4-32.
- Few, S. (2009). *Now You See It: Simple Visualization Techniques for Quantitative Analysis*. Analytics Press.
- Few, S. (2012). *Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Analytics Press.
- Few, S. (2013). *Information Dashboard Design: Displaying data for at-a-glance monitoring*. Analytics Press, Burlingame.
- Franklin, A., Gantela, S., Shifarrow, S., Johnson, T. R., Robinson, D. J., King, B. R. et al. (2017). Dashboard Visualizations: Supporting Real-Time Throughput Decision-Making. *Journal of Biomedical Informatics*, 71, 211-221.
- Garcia-Retamero, R. et Hoffrage, U. (2006). How causal knowledge simplifies decision-making. *Minds and Machines*, 16(3), 365-380.

- Garcia-Retamero, R., Wallin, A. et Dieckmann, A. (2007). Does causal knowledge help us be faster and more frugal in our decisions? *Memory & Cognition*, 35(6), 1399–1409.
- Ghazisaeidi, M., Safdari, R., Torabi, M., Mirzaee, M., Farzi, J. et Goodini, A. (2015). Development of performance dashboards in healthcare sector: key practical issues. *Acta Informatica Medica*, 23(5), 317–321.
- Kaplan, R.S. et Norton, D. (1996). Linking the Balanced Scorecard to Strategy. *California Management Review*. 39(1), 53–79.
- Kaplan, R.S. et Norton, D.P. (1992). The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*. 71–79.
- Kaplan, R.S. et Norton, D.P. (2000). *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*. Harvard Business Review Press.
- Khemlani, S.S., Barbey, A.K. et Johnson-Laird, P.N. (2014). Causal reasoning with mental models. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-15.
- Koch, S. H., Weir, C., Haar, M., Staggers, N., Agutter, J., Görges, M. et al. (2012). Intensive care unit nurses' information needs and recommendations for integrated displays to improve nurses' situation awareness. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(4), 583-590.
- Koch, S. H., Weir, C., Westenskow, D., Gondan, M., Agutter, J., Haar et al. (2013). Evaluation of the effect of information integration in displays for ICU nurses on situation awareness and task completion time: a prospective randomized controlled study. *International journal of medical informatics*, 82(8), 665-675.
- Koh, H. C. et Tan, G. (2011). Data mining applications in healthcare. *Journal of healthcare information management*, 19(2), 64-72.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press, Massachusetts.
- Leclair, A., Moïse, A. et Bodain, Y. (2017). Une démarche de conception de tableau de bord de gestion pour soutenir les trois niveaux de la conscience de la situation. In *29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. Poitiers. France.
- Malik, S. (2005). *Enterprise Dashboards: Design and Best Practices for IT*. John Wiley & Sons.
- Naikar, N. (2013). *Work Domain Analysis: Concepts, Guidelines, and Cases*. CRC Press.
- Norton, D.P. et Kaplan, R.S. (1996). *The Balanced Scorecard : Translating Strategy Into Action*. Harvard Business School Press.
- Orts, D. (2005). Dashboard Implementation Methodology. *DM Review*, 15(6), 16–17.

Rasmussen, J. (1979). *On the Structure of Knowledge - A Morphology of Metal Models in a Man-Machine System Context*. Technical Report #2192. Risø National Laboratory.

Rasmussen, J. (1979). *On the Structure of Knowledge - A Morphology of Metal Models in a Man-Machine System Context*. Technical Report #2192. Risø National Laboratory.

Rasmussen, N.H., Bansal, M. et Chen, C.Y. (2009). *Business Dashboards: A Visual Catalog for Design and Deployment*. John Wiley & Sons.

Rouse, W.B. et Morris, N.M. (1985). *On Looking into the Black Box: Prospects and Limits in the Search for Mental Models*. Technical Report #85-2. Center for Man-Machine Systems Research, School of Industrial & Systems Engineering, Georgia Institute of Technology.

Tufte, E.R. (2006). *Beautiful Evidence*. Graphics Press.

Tufte, E.R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*, 2nd edition. Graphics Press.

Vicente, K.J. (1999). *Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. CRC Press.

Vicente, K.J. et Rasmussen, J. (1992). Ecological interface design: theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 22(4), 589–606.

Ware, C. (2012). *Information Visualization: Perception for Design*, 3rd edition. Morgan Kaufmann.

Yigitbasioglu, O.M. et Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*. 13(1), 41–59.

Zhang, Y., Drews, F. A., Westenskow, D. R., Foresti, S., Agutter, J., Bermudez, J. C. et al. (2002). Effects of integrated graphical displays on situation awareness in anaesthesiology. *Cognition, Technology & Work*, 4(2), 82-90.

Annexe A: Questionnaire et Réponses

Questions sociodémographiques

QSexe : Sexe du répondant

QType_TBQ: Quel est le type de TBQ évalué?

SD1 : Combien d'années d'expérience en santé avez-vous?

SD2: Combien d'années d'expérience en gestion en santé avez-vous?

SD3 : Quel est votre plus haut diplôme obtenu?

SD4 : Quelle est votre profession?

Pour les prochaines sections, les réponses aux questions sont en italique.

Scénario 1 (Perception)

Q1 : Le TBQ présente les données de quelle date? *Période 12, année 2016*

Q2 : Quelle est la signification d'un triangle rouge? *Alarme*

Q3 : Combien de lits en moyenne étaient occupés dans l'unité cette semaine? *8*

Q4 : Combien de transferts ont eu lieu cette semaine? *5*

Q5 : Quelle est la tendance générale observée des transferts depuis 6 mois? *Assez stable, baisse dans les dernières semaines*

Q6 : Quelle est la cible des chirurgies rapportées? *6*

Scénario 2 (Perception)

Q7 : Combien d'admissions ont eu lieu cette semaine? *10*

Q8 : Combien de patients ont une durée de séjour aux SIP de plus de 2 semaines? *7*

Q9 : Le nombre de réadmissions est-il à son plus haut depuis les 6 derniers mois? *Oui*

Scénario 1 (Compréhension)

Q10 : Quel est l'indicateur le plus problématique actuellement? *Chirurgies reportées*

Q11 : Pourquoi les chirurgies reportées ont augmenté? *Trop de lits occupés*

Q12: Pour quelle raison les transferts sont-ils à la baisse? *La sévérité des cas des patients est trop élevée.*

Scénario 2 (Compréhension)

Q13 : Nommez-moi les indicateurs les plus problématiques actuellement? *Lits occupés et réadmission*

Q14 : Pourquoi le nombre de lits occupés moyen a augmenté drastiquement cette semaine? *Les admissions sont en hausse et les transferts en baisse*

Scénario 1 (Projection)

Q15 : Actuellement, 7 patients ont un ratio de 1 infirmière pour 1 patient et les douze autres patients ont un ratio de 2 patients pour 1 infirmière. En connaissant ce fait, le département a-t-il les ressources nécessaires

pour accueillir 3 patients supplémentaires avec un ratio de 1 infirmière par 1 patient? Si non, combien d'infirmières devraient être ajoutées pour combler le besoin? *Non, le département n'a pas les ressources nécessaires. Deux infirmières doivent être ajoutées.*

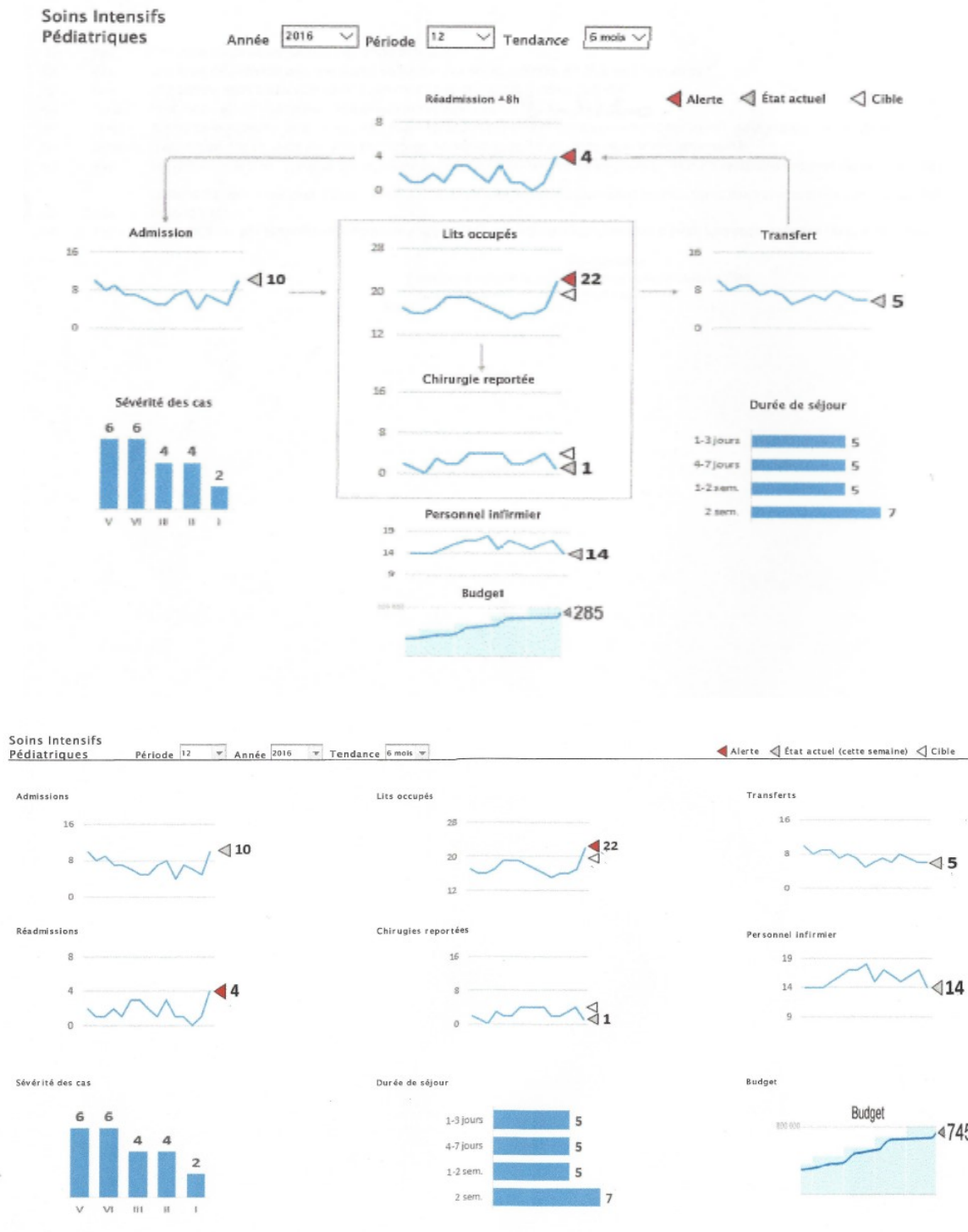
Scénario 2 (Projection)

Q16 : Prévoit-on que le nombre de transferts va augmenter dans les prochains jours? Justifier. *Oui, puisque la sévérité des cas de certains patients requiert un transfert dans un autre unité.*

Q17 : Le département est-il prêt à faire face à une augmentation d'admission? Justifier. *Non puisque la charge de travail est déjà élevée et le nombre de personnel est à la baisse*

Q18 : Est-il davantage plausible d'avoir une augmentation ou une diminution des chirurgies rapportées? Justifier. *Une augmentation des chirurgies rapportées puisque le département va manquer de ressources humaines et le nombre de lits occupé est très élevé.*

Annexe B: Maquette TBG (scénario 2)



Les maquettes pour le scénario 1 sont présentées à la section 2.3.

Annexe C: Résultats de l'expérimentation (Temps de réponse)

	Numero_sujet	Sexe	Type_TBG	SD1	SD2	SD3	SD4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
1	1,00	Femme	Causal	10,00	3,00	Maîtrise	Autres	2,01	,84	2,00	2,67	2,03	2,22	,68	1,98	1,10	2,00	9,00	21,12	2,89	6,50	17,78	4,12	6,42	8,55
2	2,00	Femme	Causal	41,00	35,00	Maîtrise	Infirmier	1,20	,94	1,00	1,87	4,30	1,10	,94	5,00	3,20	1,00	10,50	21,05	3,10	4,30	16,50	4,30	6,20	8,28
3	3,00	Homme	Causal	20,00	8,00	Maîtrise	Infirmier	1,51	,81	2,21	1,86	3,54	2,10	,98	4,30	,79	,99	8,30	17,59	2,69	3,57	18,30	3,38	7,20	9,14
4	4,00	Femme	Causal	23,00	19,00	BAC	Autres	1,69	,64	1,21	1,12	2,64	2,45	,84	2,80	2,68	1,78	11,78	18,22	2,16	6,48	16,10	5,30	6,67	10,12
5	5,00	Homme	Causal	15,00	7,00	Diplome de...	Infirmier	1,45	1,01	1,87	2,01	3,53	2,00	,76	2,24	1,23	1,21	9,89	19,35	2,35	5,46	17,45	4,36	7,34	7,87
6	6,00	Femme	Traditionnel	27,00	17,00	Maîtrise	Autres	2,05	,90	2,03	2,22	4,50	2,65	,78	5,37	4,30	1,90	10,70	23,80	2,00	4,03	20,30	9,89	10,14	15,50
7	7,00	Homme	Traditionnel	18,00	3,00	BAC	Autres	2,28	1,11	1,90	1,30	3,27	2,10	,86	5,10	3,10	2,10	13,20	30,10	2,07	6,53	21,08	6,50	8,08	14,74
8	8,00	Femme	Traditionnel	20,00	11,00	Maîtrise	Infirmier	1,73	,84	2,32	2,68	3,43	1,80	,98	5,46	2,07	2,33	14,30	27,05	2,31	7,02	23,30	7,20	8,20	12,01
9	9,00	Femme	Traditionnel	26,00	17,00	Maîtrise	Infirmier	1,24	,86	1,42	1,21	3,45	1,76	1,01	3,57	2,44	1,86	17,30	26,01	5,50	8,50	20,20	5,90	9,15	10,41
10	10,00	Femme	Traditionnel	21,00	15,00	Maîtrise	Infirmier	2,02	,98	2,10	2,10	3,89	2,21	,84	4,67	3,25	2,23	13,24	28,40	3,32	4,67	21,00	8,62	10,79	8,78

Annexe D: Résultats de l'expérimentation (Efficacité des réponses)

	Numero sujet	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
5	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
8	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

1=Bonne réponse à la 1^{ère} tentative.

2=Bonne réponse à la 2^e tentative.